COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 18 MARS 1889,

PRÉSIDENCE DE M. DES CLOIZEAUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE. — *Sur la fixation de l'azote dans les oxydations lentes.* Note de M. **Berthelot**.

« En poursuivant mes expériences sur la fixation de l'azote par la terre et les végétaux, je me suis demandé si cette fixation ne pourrait pas avoir lieu à froid, pendant le cours de l'oxydation lente de certains principes immédiats, et spécialement de ceux qui donnent naissance à ces oxydes intermédiaires, doués de propriétés mixtes, à la fois oxydants et oxydables, qui fixent l'oxygène libre d'une manière transitoire, pour le transmettre ensuite, et d'une façon presque indéfinie, à d'autres corps susceptibles d'une oxydation définitive. Tels sont l'éther ordinaire, l'essence de térébenthine (1), divers carbures aromatiques (2), l'acide oléique, certains

(1) Voir mon Mémoire : *Annales de Chimie et de Physique,* 3e série, t. LVIII, p. 426 et 445; 1860.

(2) Même Recueil, 5e série, t. XII, p. 154; 1867.

aldéhydes, etc., tous corps capables d'oxyder l'indigo, de blanchir les matières colorantes, etc.; en un mot, de produire ces effets que Schœnbein, qui les avait découverts, attribuait à l'ozone.

» En fait, si l'on examine un échantillon de vieil éther, conservé dans des flacons incomplètement remplis pendant plusieurs mois ou plusieurs années, il est facile de constater, — le fait est bien connu, — que cet éther possède des propriétés oxydantes, à l'égard de l'iodure de potassium, par exemple. Si on l'agite avec de l'eau, cette eau se charge d'eau oxygénée, reconnaissable ensuite par l'action d'une trace d'acide chromique, qui développe la coloration bleue de l'acide perchromique, isolable lui-même par l'éther. Mais cette eau oxygénée ne préexiste pas dans l'éther anhydre; elle dérive, comme je l'ai prouvé, d'un autre principe, le peroxyde d'éthyle ($2C^8H^{10}O^2 + O^2$), composé que j'ai isolé, après l'avoir préparé par l'action directe et immédiate de l'ozone (1), et dont j'ai étudié les réactions. L'oxygène ordinaire l'engendre également, mais lentement.

» Ce n'est pas le seul produit que l'on puisse dériver de l'éther oxydé sous l'influence de l'air et de la lumière. En effet, si l'on agite un tel éther avec une petite quantité d'eau de chaux, *absolument exempte de nitrates* (2), et si l'on évapore à sec cette eau avec précaution, le résidu, repris par quelques gouttes d'eau et évaporé de nouveau, fournit ensuite avec l'acide sulfurique concentré et mêlé de sulfate ferreux la coloration rosée, caractéristique de l'acide azotique. On obtient aussi la coloration bleue de la diphénylamine; mais celle-ci n'est nullement spécifique, et son emploi est sujet à des erreurs, contre lesquelles les physiologistes ne sont peut-être pas suffisamment prémunis : car le bleu se produit aussi avec un grand nombre de corps oxydants, et même avec l'eau oxygénée quoique faiblement. On l'obtient d'ailleurs avec les eaux de lavage de l'éther oxydé, après l'évaporation au bain-marie, avec une telle intensité, qu'on ne saurait attribuer celle-ci uniquement aux traces d'acide azotique, décelables par le sulfate ferreux; il me paraît probable qu'il existe dans ces eaux un troisième principe oxydant, autre que l'eau oxygénée et l'acide azotique; mais je ne possédais pas de données suffisantes pour m'y attacher davantage.

» J'ai répété ces essais avec de l'éther neuf, bien lavé avec l'eau pure et

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXVII, p. 229; 1882.

(2) On obtient cette eau en lavant un grand nombre de fois par décantation de la chaux éteinte, jusqu'à ce que 200^{cc} d'eau de chaux évaporée à sec, etc., ne fournissent aucune trace de nitrate, sensible à la diphénylamine et au sel ferreux.

l'eau de chaux, puis purifié et rectifié; bref, aussi pur que j'ai pu le préparer. 25^{cc} de cet éther ont été abandonnés dans un flacon d'un litre, avec 25^{cc} d'eau pure, du 17 juillet au 26 octobre 1888. Au bout de ce temps, on a séparé l'eau de l'éther. Cette eau, additionnée d'un peu d'eau de chaux, a été placée dans une capsule, sous une petite cloche, au-dessous de 2^{cc} d'une liqueur titrée d'acide sulfurique ($2^{gr},0\,SO^3$ au litre), afin d'y rechercher l'ammoniaque : la proportion en a été trouvée absolument nulle, à $\frac{1}{20}$ de milligramme près. Dans la même eau, on a cherché ensuite l'acide azotique, dont on a trouvé une trace, telle qu'un dixième de milligramme; dose parfaitement sensible, le réactif accusant jusqu'à $\frac{1}{100}$ de milligramme. Enfin on a fait passer les vapeurs de l'éther précédent à travers une colonne de chaux sodée, en plaçant en outre quelques fragments de cette substance dans la petite cornue qui contenait l'éther : on a trouvé $0^{mgr},06$ d'ammoniaque, dose qui répond à peu près aux limites d'erreur ($0^{gr},05$). Une autre expérience semblable, faite avec 25^{cc} du même éther, conservée en présence de l'eau de chaux, au lieu d'eau pure, a fourni les mêmes résultats.

» J'ai encore opéré d'une autre façon : j'ai pris 50^{cc} d'éther pur et j'y ai fait passer bulle à bulle, pendant une semaine, 100 litres d'air, purifié avec le plus grand soin de toute vapeur acide ou alcaline. Au sortir de l'éther, le gaz traversait de l'eau de chaux pure. J'ai obtenu une trace de nitrate.

» Ainsi l'éther, en s'oxydant lentement, détermine l'oxydation d'une trace d'azote. Le phénomène est pareil à l'oxydation lente du phosphore et à l'action de l'effluve électrique sur l'air, lesquelles fournissent à la fois de l'ozone et un peu d'acide nitrique (ou nitreux); circonstance qui avait donné lieu autrefois à une erreur, en faisant supposer que l'ozone pouvait oxyder l'azote en présence des alcalis; or l'ozone exempt de vapeurs nitreuses n'oxyde pas l'azote (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, p. 442; 1877).

» Au contraire, l'oxydation de l'azote a lieu réellement, en même temps que l'oxydation du phosphore qui produit l'ozone, ou que l'oxydation de l'éther, qui produit le peroxyde d'éthyle. Mais les doses d'acide azotique ainsi formé sont extrêmement faibles.

» J'ai cherché également si l'oxydation de l'essence de térébenthine (récemment rectifiée) détermine la fixation de l'azote. Mais, dans ce cas, il ne m'a pas été possible de recourir aux réactions colorantes caractéristiques de l'acide azotique, parce que les produits, solubles dans l'eau de l'oxydation de l'essence développent au contact de l'acide sulfurique concentré une coloration jaune intense, qui masque tout, et il ne s'est pas formé

d'ammoniaque libre. Quant à l'azote combiné, la dose en a été trouvée (par l'action de la chaux sodée au rouge, avec 25^{gr} d'essence), voisine de $0^{mgr},2$, c'est-à-dire douteuse; l'essence rectifiée récemment en fournissait à peu près autant.

» Mêmes difficultés avec le mésitylène, l'essence d'amandes amères [1] et l'acide oléique; en tout cas, l'acide azotique, s'il se forme dans l'oxydation de ces substances, ne surpasserait pas la dose observée avec l'éther.

» A cette occasion, j'ai encore soumis à un nouvel examen l'oxydation lente du fer, pour vérifier s'il y a fixation de l'azote sous forme d'ammoniaque; opinion tour à tour affirmée et réfutée par divers observateurs. $2^{gr},70$ de fil de clavecin et 10^{cc} d'eau pure, abandonnés dans un flacon de 2^{lit} hermétiquement clos, de façon à se mettre à l'abri des gaz atmosphériques, du 19 mai au 9 juillet, ont fourni ensuite : $AzH^3 = 0^{mgr},16$.

» $4^{gr},05$ du même fil, abandonnés de même avec 50^{cc} d'eau et 1^{gr} de chlorure de sodium, condition où l'oxydation est plus active, ont fourni : $AzH^3 = 0^{mgr},6$.

» Craignant que ces traces ne fussent dues à quelque impureté superficielle, j'ai changé l'eau et versé encore, sur ce qui restait du second échantillon de fer, 50^{cc} d'eau et 1^{gr} de chlorure de sodium. Cette fois j'ai obtenu : $0^{mgr},3\,AzH^3$. Ces doses sont trop minimes pour qu'il soit permis d'en conclure qu'il y a formation d'ammoniaque dans l'oxydation du fer humide : le doute est d'autant plus permis que le fer renferme d'ordinaire des traces d'azote combiné. »

THERMOCHIMIE. — *Sur la chaleur de formation de l'hydrogène antimonié.* Note de MM. **Berthelot** et **P. Petit**.

« Les éléments de la famille de l'azote sont caractérisés par la propriété de former des hydrures gazeux, renfermant une fois et demie leur volume d'hydrogène, tels que l'ammoniaque et les phosphure, arséniure, antimoniure d'hydrogène AzH^3; PH^3; AzH^3; SbH^3 : de là leur dénomination d'*éléments triatomiques*. La chaleur de formation de ces combinaisons présente des relations remarquables. Celle de l'ammoniaque, connue autrefois fort inexactement, a été mesurée pour la première fois avec précision par

(1) Celle-ci contient déjà, à l'état normal, quelques dix-millièmes d'azote. De même l'acide oléique.

M. Berthelot, dont M. Thomsen a répété plus tard les déterminations. Celles des hydrogènes phosphoré et arsénié ont été mesurées également au laboratoire du Collège de France par M. Ogier. Restait celle de l'hydrogène antimonié, mesure rendue fort difficile par l'extrême instabilité du composé et par la difficulté de l'amener à un état de transformation défini.

» L'hydrogène antimonié a été préparé au moyen de l'antimoniure de zinc (1 p. Sb + 2 p. Zn en poids) et de l'acide chlorhydrique. Mais le gaz dégagé ne renferme que quelques centièmes d'hydrure, mélangé avec un grand excès d'hydrogène; et il se décompose très vite spontanément, en déposant de l'antimoine. Nous l'avons dirigé, après un simple lavage à l'eau, dans une dissolution formée avec un mélange convenable d'acide chlorhydrique et de bromure de potassium bromuré. Cette liqueur transforme l'hydrogène antimonié en bromure et acide bromhydrique, qui demeurent dissous; on mesure la chaleur dégagée. La réaction se complique cependant, en raison de la formation de fumées qui entraînent une quantité sensible de bromure antimonieux, condensable en nature sur les parois des vases, et qu'il est nécessaire de récolter et de faire entrer en compte. On dose l'antimoine absorbé dans la liqueur et entraîné dans ces fumées; ainsi que le brome entraîné simultanément (sous forme d'acide bromhydrique). On a vérifié aussi que, pour chaque équivalent d'antimoine demeuré dissous dans la liqueur, il y avait 8 équivalents de brome libre disparus, conformément à l'équation

$$SbH^3 + 8Br = SbBr^5 + 3HBr.$$

» Dans l'état final, le perbromure d'antimoine demeure dissous dans un certain mélange de bromure de potassium bromuré et d'acide chlorhydrique. On réalise un état final identique, en prenant du bromure antimonieux pur, $SbBr^3$, corps dont on connaît la chaleur de formation, et en le dissolvant dans le même mélange d'acide chlorhydrique et de bromure de potassium bromuré, employé en grand excès.

» Cette opération, qui équivaut à la formation du perbromure d'antimoine dissous dans le mélange précédent, a dégagé $+27^{Cal},5$.

» Elle a été trouvée d'ailleurs la somme des deux quantités suivantes :

	Cal
$SbBr^3$ solide et dissous dans une liqueur formée par $HCl + 13H^2O^2$	+ 4,8
Réaction de nBr dissous dans KBr	+ 22,7
	+ 27,5

ce qui donne une vérification, dans les limites des approximations expérimentales d'ailleurs ; car il y a un petit écart en théorie.

» Six déterminations de la chaleur de formation de l'hydrogène antimonié ont été faites par cette méthode. La moyenne générale :

$$Sb + H^3 = SbH^3 \text{ gaz} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad -84^{Cal},8.$$

» Mais deux de ces déterminations, les deux extrêmes d'ailleurs, nous paraissent moins sûres que les autres, les fumées de bromure antimonieux n'ayant pas été dosées. Les quatre autres ont fourni en fait

$$-85^{Cal},1; \quad -86^{Cal},3; \quad -82^{Cal},4; \quad -84^{Cal},3;$$

ce qui donne la moyenne plus exacte $-84^{Cal},5$.

» Il résulte de ce chiffre que la formation de l'hydrogène antimonié est fortement endothermique ; plus même que celle de l'hydrogène arsénié ($-36^{Cal},7$). Cette circonstance pouvait être prévue, en raison de l'extrême instabilité du composé. Cependant ce chiffre ne dépasse guère la chaleur absorbée dans la formation d'une molécule de cyanogène ($-74^{Cal},5$), ou d'acétylène ($-61^{Cal},0$), qui sont plus stables.

» L'origine de l'énergie ainsi accumulée dans l'hydrogène antimonié est tirée de la réaction de l'acide chlorhydrique sur l'antimoniure de zinc, réaction accompagnée en fait par un dégagement de chaleur. C'est à la formation du chlorure de zinc, aux dépens de l'antimoniure de zinc et de l'acide chlorhydrique, que ce dégagement de chaleur, aussi bien que l'énergie emmagasinée dans la combinaison endothermique, est nécessairement due. Or cette énergie exige le concours d'au moins $5^{éq}$ de zinc, dont la dissolution dans l'acide chlorhydrique dégage environ $+85^{Cal},5$, avec l'acide étendu, et plus avec l'acide concentré; chiffre qui paraît approximativement applicable à l'alliage, en observant que l'union de l'antimoine au zinc ne donne pas lieu à des effets thermiques bien manifestes ; et que la densité de l'alliage, d'après Gellert et Cooke, est inférieure à la moyenne des composants : absence de condensation qui répond d'ordinaire à une faible chaleur de combinaison. L'alliage $SbZn^3$ ne pourrait fournir que 52^{Cal} environ. Ce serait donc l'alliage $SbZn^5$, formé de 2 parties d'antimoine et de 3 parties de zinc (sinon un alliage plus riche en zinc) qui engendrerait l'hydrogène antimonié

$$SbZn^5 + 5HCl = 5ZnCl + SbH^3 + H^2.$$

» Au contraire, l'alliage $SbZn^3$, d'après Cooke [1], ne forme que de l'hydrogène pur, en décomposant l'eau bouillante; ce qui s'explique, si l'on remarque que l'énergie nécessaire à la formation de l'hydrogène antimonié n'est pas ici présente. En effet, la réaction

$$SbZn^3 + 3HO = Sb + 3ZnO + H^3$$

dégagerait environ 21^{Cal}, d'après les remarques précédentes. On s'explique par là la diversité des résultats obtenus avec les alliages d'antimoine dans la préparation de l'hydrogène antimonié. Dans la réaction bien connue du zinc sur le chlorure d'antimoine dissous dans l'acide chlorhydrique, réaction qui donne lieu, comme on sait, à de l'hydrogène antimonié, on doit également attaquer au moins $5^{éq}$ de zinc, pour que la formation de l'hydrogène antimonié soit possible, car

$SbCl^3$ diss. dans HCl conc. $+ 3Zn = Sb + 3ZnCl$ diss. $+ 3H$, dégag. $+74^{Cal}$ environ

tandis que

$SbCl^3$ diss. $+ 2HCl$ diss. $+ 5Zn + Sb + 5ZnCl$ diss. $+ 5H$ dég. à peu près. $+108^{Cal}$.

» Les circonstances toutes spéciales qui président à la formation de l'hydrogène antimonié, circonstances attribuées autrefois à cette condition vague que l'on appelait l'*état naissant*, s'expliquent donc d'une façon très claire par les théories thermochimiques; ainsi que l'un de nous l'a établi d'ailleurs depuis 1865 pour les faits du même ordre, en remplaçant par des notions précises les idées confuses que l'on se faisait autrefois sur l'état naissant et les affinités prédisposantes.

» Comparons encore les chaleurs de formation des quatre hydrures triatomiques pris sous forme gazeuse, ainsi que le poids atomique des éléments unis à l'hydrogène :

	Cal	Poids atomiques.
$Az + H^3 = AzH^3$ dégage....................	$+12,2$	14
$P + H^3 = PH^3$ dégage....................	$+11,6$	31
$Az + H^3 = AzH^3$ absorbe..................	$-36,7$	75
$Sb + H^3 = SbH^3$ absorbe..................	$-84,5$	122

» Ainsi, pour les trois derniers corps, les quantités de chaleur mises en jeu vont en décroissant, à mesure que le poids atomique de l'élément uni

(1) *Jahr.* de *Liebig*, pour 1854; p. 359.

à l'hydrogène augmente. Il y a plus : la différence entre les poids atomiques du phosphore et de l'arsenic (44) ne s'écarte guère de la différence relative à l'arsenic et à l'antimoine (47), et le décroissement des chaleurs de formations des hydrures correspondants, soit — 48,3 et — 47,8, suit à peu près la même progression. Les molécules formées par les éléments dont la masse chimique est la plus forte, dans une même série, sont à la fois les moins stables, et celles dont l'association a exigé le travail complémentaire le plus considérable. Ce sont là des relations communes aux diverses familles des combinaisons hydrogénées et métalliques : chlore, brome, iode; oxygène, soufre, sélénium, tellure; ainsi que l'un de nous l'a montré, il y a déjà quelque temps ([1]). »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les tentatives d'explication mécanique des principes de la Thermodynamique.* Note de M. **H. Poincaré.**

« Parmi les tentatives qui ont été faites pour rattacher aux théorèmes généraux de la Mécanique les principes fondamentaux de la Thermodynamique, la plus intéressante est, sans contredit, celle que M. Helmholtz a développée dans son Mémoire sur la statique des systèmes monocycliques (*Journal de Crelle*, t. 97) et dans son Mémoire sur le principe de la moindre action (*Journal de Crelle*, t. 100). L'explication proposée dans ces deux Mémoires me paraît satisfaisante en ce qui concerne les phénomènes réversibles.

» Les phénomènes irréversibles se prêtent-ils de la même manière à une explication purement mécanique; peut-on, par exemple, en se représentant le monde comme formé d'atomes, et ces atomes comme soumis à des attractions dépendant des seules distances, expliquer pourquoi la chaleur ne peut jamais passer d'un corps froid sur un corps chaud? Je ne le crois pas, et je vais expliquer pourquoi la théorie de l'illustre physicien ne me semble pas s'appliquer à ce genre de phénomènes.

» Soit un système dont la situation est définie par un certain nombre de paramètres p_a et soit H le potentiel cinétique du système. Il vient

$$(1)\qquad q_a = \frac{dp_a}{dt},\qquad s_a = -\frac{dH}{dq_a},\qquad \frac{ds_a}{dt} + \frac{dH}{dp_a} = -P_a.$$

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXI, p. 386; 1880.

» Si l'on pose ensuite

$$E = H + \Sigma s_a q_a,$$

E est l'énergie, et il vient, en regardant E comme une fonction des s_a et des p_a,

$$(2) \qquad \frac{dp_a}{dt} = \frac{dE}{ds_a}, \qquad \frac{ds_a}{dt} = -\frac{dE}{dp_a} - P_a,$$

les P_a représentant les termes dus aux forces extérieures (*Journal de Crelle*, t. 100, p. 221).

» Pour que des phénomènes irréversibles soient possibles, il faut et il suffit que H contienne non seulement des puissances paires des q_a, mais encore des puissances impaires de ces quantités. Si les puissances paires y entraient seules, les équations différentielles (1) et (2) ne changeraient pas quand on y changerait t en $-t$, q_a en $-q_a$, s_a en $-s_a$; elles seraient donc réversibles.

» Comment les puissances impaires des q_a pourront-elles s'introduire dans l'expression du potentiel cinétique? Helmholtz montre (*Journal de Crelle*, t. 100, p. 147) que cela peut arriver s'il y a des *mouvements cachés;* c'est ainsi, pour ne citer qu'un cas simple, que les équations du mouvement d'un système quelconque rapporté à des axes mobiles ne sont plus réversibles à cause des termes dus à la force de Coriolis.

» Avons-nous pour cela une explication satisfaisante des lois thermodynamiques des phénomènes irréversibles? Nullement; et, en effet, ce qu'il s'agit d'expliquer, c'est, avant tout, l'augmentation continuelle de l'entropie.

» Envisageons un système soustrait à toute action extérieure; les P_a seront nuls et les équations (2) se réduiront à

$$(3) \qquad \frac{dp_a}{dt} = \frac{dE}{ds_a}, \qquad \frac{ds_a}{dt} = -\frac{dE}{dp_a}.$$

» De plus, il existera une certaine fonction S des s_a et des p_a qui ira constamment en augmentant et qu'on appellera *entropie*.

» On devra donc avoir constamment l'inégalité

$$(4) \qquad \frac{dS}{dt} = \sum \left(\frac{dS}{dp_a}\frac{dE}{ds_a} - \frac{dS}{ds_a}\frac{dE}{dp_a} \right) > 0.$$

» Cette inégalité est-elle possible?

» Nous pouvons toujours supposer que le système, tout en restant sous-

trait à toute action extérieure, est soumis à des liaisons telles que l'entropie soit susceptible d'un maximum.

» Il ne serait pas difficile de trouver des exemples de pareils systèmes.

» Alors le maximum de l'entropie correspond à un état d'équilibre stable.

» Soient s_a^0 et p_a^0 les valeurs de s_a et de p_a qui correspondent à ce maximum. Nous pouvons toujours supposer que pour ces valeurs S et E s'annulent, puisque S et E ne sont définis qu'à une constante près.

» Pour ces valeurs, les dérivées du premier ordre de S s'annulent, puisque S doit atteindre son maximum. Les dérivées de E s'annulent également, puisque ce maximum est une position d'équilibre et que $\frac{ds_a}{dt}$ et $\frac{dp_a}{dt}$ doivent s'annuler.

» Si donc nous développons S et E suivant les puissances croissantes des $s_a - s_a^0$ et des $p_a - p_a^0$, les premiers termes qui ne s'annuleront pas seront ceux du deuxième degré. Si, de plus, on considère les valeurs de s_a et de p_a assez voisines de s_a^0 et de p_a^0 pour que les termes du troisième degré soient négligeables, S et E se réduiront à deux formes quadratiques en $s_a - s_a^0$ et $p_a - p_a^0$.

» La forme S sera définie négative; elle doit, en effet, atteindre son maximum o pour

$$s_a = s_a^0, \qquad p_a = p_a^0.$$

» La forme E pourra être définie ou indéfinie.

» L'expression

$$\sum \left(\frac{dS}{dp_a} \frac{dE}{ds_a} - \frac{dS}{ds_a} \frac{dE}{dp_a} \right)$$

sera encore une forme quadratique par rapport aux $s_a - s_a^0$ et aux $p_a - p_a^0$.

» Pour que l'inégalité (4) soit satisfaite, il faudrait que cette forme fût définie et positive; or il est aisé de s'assurer que cela est impossible si l'une des deux formes S et E est définie, ce qui a lieu ici.

» Nous devons donc conclure que les deux principes de l'augmentation de l'entropie et de la moindre action (entendu au sens hamiltonien) sont inconciliables. Si donc M. von Helmholtz a montré, avec une admirable clarté, que les lois des phénomènes réversibles découlent des équations ordinaires de la Dynamique, il semble probable qu'il faudra chercher ailleurs l'explication des phénomènes irréversibles et renoncer pour cela

aux hypothèses familières de la Mécanique rationnelle d'où l'on a tiré les équations de Lagrange et de Hamilton. »

HYDRAULIQUE. — *Expériences et considérations sur le mode d'emploi des phénomènes de la succion de l'eau à contre-courant, agissant sur des régulateurs.* Note de M. **Anatole de Caligny.**

« Deux Chapitres du premier volume de mon Ouvrage intitulé : *Recherches théoriques et expérimentales sur les oscillations de l'eau et les machines hydrauliques à colonnes liquides oscillantes* ont pour objet diverses expériences sur la succion de l'eau *à contre-courant*. Une partie des phénomènes dont il s'agit résultant de la disposition d'un des appareils que j'ai inventés, leurs effets se trouvent réunis à ceux d'une *pression alternative du poids de l'eau*, provenant de ce que le diamètre de la partie inférieure d'un tube oscillant est moindre que celui du reste de ce tube.

» On m'a demandé si j'avais fait des expériences de ce genre en employant un tube oscillant de même diamètre partout, reposant alternativement aussi sur un tuyau de conduite fixe. Cela a rappelé mon attention sur une expérience, objet principal de cette Note. Sans être indispensable, elle permet de simplifier l'exposition des phénomènes et leur degré d'utilité : il s'agit, d'ailleurs, d'une disposition nouvelle dont il est intéressant de conserver la trace.

» Un ouvrier, qui ne m'avait pas bien compris, ayant donné le même diamètre partout à ce tube vertical mobile, l'eau ne se versa plus au sommet et il se présenta un effet assez intéressant de trépidation, qui pourrait d'ailleurs être considéré comme un moyen de produire des coups de pilon ou de marteau.

» Il n'est pas nécessaire de recourir à des effets d'élasticité pour l'expliquer. Le tube mobile est alternativement soulevé par un balancier à contrepoids. Les phénomènes de succion à contre-courant le font redescendre sur son siège, mais alors le contrepoids, redevenu prépondérant, le relève, et le jeu continue indéfiniment.

» Il est intéressant de se rendre compte de la manière dont ce genre d'effets peut être modifié. Cela dépend de l'intensité de la force de succion, car on peut réunir ou employer séparément plusieurs phénomènes. On conçoit que, si la succion est assez forte, l'eau n'a pas le temps de s'élever

dans le tube vertical mobile, de manière qu'il y en ait beaucoup à évacuer quand il se lève.

» A cette époque, cette quantité d'eau a le temps de descendre au bief d'aval, à cause des lois de l'inertie, parce que la colonne liquide contenue dans le tuyau de conduite est assez longue. Si la colonne d'eau, sortie ainsi à chaque période, est d'une assez petite longueur par rapport à la chute motrice, on conçoit que sa descente pourrait ne pas empêcher la pression motrice de conserver assez de force pour augmenter la vitesse de la longue colonne liquide. Il y a donc une raison pour que celle-ci, à une période suivante, pouvant augmenter de vitesse, donne lieu à une force de succion encore plus grande.

» Aussi il est arrivé, même avec un appareil où ce tube était rétréci à sa partie inférieure, que, la force de succion ayant été augmentée à dessein, parce que l'on voulait faire une étude, on a obtenu un mouvement de trépidation tellement fort qu'on a arrêté l'expérience dans la crainte de briser l'appareil.

» Mais il a suffi, en conservant cette disposition, de relever convenablement l'arrêt fixe supérieur du tube mobile pour retrouver une marche régulière et faire verser alternativement de l'eau au sommet du tube mobile.

» Il est intéressant d'examiner si, quand on ne veut pas élever d'eau, on peut se servir ainsi du même appareil pour donner des coups de pilon ou de marteau, en employant convenablement le travail de l'eau motrice.

» C'est ici le lieu de remarquer que j'ai proposé d'employer les phénomènes de succion à contre-courant, spécialement comme un moyen simple de faire fonctionner les tubes mobiles, ou les soupapes annulaires dont les sections transversales ne sont jamais bouchées, ce qui permet de modifier d'une manière intéressante une partie importante de l'Hydraulique. Mais je ne les ai pas proposés comme un moyen d'employer *principalement* la force vive.

» Ils ne servent qu'à faire fonctionner des tubes ou soupapes annulaires, dont la force vive est en général sans importance par rapport à celles des grandes colonnes liquides que j'ai trouvé moyen d'utiliser, *en supprimant des coups de bélier*.

» Ainsi, quoiqu'on ne connaisse pas en général les applications auxquelles peuvent ultérieurement conduire des appareils entièrement nouveaux, je ne présente cette Note que pour répondre à une demande utile d'éclaircissements adressée par un savant ingénieur.

» Une partie notable de la vitesse de la veine annulaire liquide de sortie pouvant exister encore lorsque l'eau abandonne tout à fait l'appareil, la force vive de la petite quantité de liquide contenue, pendant que le tube mobile se baisse, dans l'espèce d'ajutage annulaire alors variable par lequel elle s'échappe, ne doit pas être utilisée avec autant d'avantage que celle de la colonne liquide contenue dans le tuyau de conduite quand on emploie celle-ci soit à élever de l'eau, soit à faire fonctionner un flotteur, etc. On conçoit que, le tuyau de conduite étant assez long, une fraction de sa colonne liquide, bien autrement grande que la veine annulaire précitée, peut en sortir au bief d'aval sans qu'il en résulte un déchet relativement considérable.

» On voit, d'après cela, combien est essentielle la différence du mode d'action de cette longue colonne avec celui de la veine annulaire précitée. Il ne doit pas être avantageux d'employer celle-ci comme moteur en général pour produire des mouvements de corps solides, quand il ne s'agit pas seulement de simplifier le jeu d'un régulateur.

» Quant aux moyens de se servir du mouvement des grandes colonnes liquides, en évitant des coups de bélier, ils reposent sur ce que, les sections transversales n'étant jamais bouchées, ce n'est pas un corps solide qui reçoit immédiatement une percussion. Il faut cependant tenir compte de ce que, dans un temps très court, il est nécessaire de communiquer de la vitesse à la colonne liquide, généralement petite, contenue dans le tube vertical. Celle-ci doit avoir autant de vitesses que celles de l'eau contenue dans le tuyau de conduite, quand le tube mobile ou la soupape annulaire intercepte la communication avec l'extérieur.

» On conçoit donc qu'il peut en résulter une percussion plus ou moins analogue à un coup de bélier. Mais la liberté laissée à l'eau de monter ainsi dans le tube vertical, c'est-à-dire en ne trouvant que de l'eau au-dessus d'elle, est ce qui change l'état de la question. On peut même apprécier les pressions latérales qui en résultent. Dans mon Ouvrage précité, seconde Partie, page 722, j'ai rappelé que M. le général Poncelet avait exposé des principes qui peuvent servir de base à ce genre de calculs; j'ai rappelé aussi l'un des moyens que j'ai employés moi-même pour me rendre compte de ce genre de pressions occasionnées par le mode d'action de l'eau en mouvement. D'ailleurs, l'expérience a montré que des tuyaux peu résistants n'étaient pas endommagés par ces percussions.

» Il est bien entendu que ces considérations ont spécialement pour

objet des appareils où il n'y a point de réservoir d'air comprimé d'avance par lequel les conditions pourraient être changées ([1]). »

M. le général **Menabrea**, présent à la séance précédente, s'associe à l'éloge fait de M. *Genocchi* par M. Hermite, qu'il remercie de l'hommage rendu à la mémoire de cet éminent géomètre.

Malgré quelques divergences d'opinions scientifiques, il n'a jamais cessé de professer la plus haute estime pour M. Genocchi, tant à cause de ses vastes connaissances que de la dignité de son caractère.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1889.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Prix L. La Caze (Chimie). — MM. Berthelot, Schlœsing et Peligot réunissent la majorité des suffrages et seront adjoints aux Membres de la Section de Chimie pour constituer la Commission. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Duclaux et Cailletet.

Prix Delesse. — MM. Daubrée, Fouqué, Des Cloizeaux, Hébert et Gaudry réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Damour et Cornu.

Prix Barbier. — MM. Bouchard, Verneuil, Chatin, Brown-Séquard et Charcot réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Richet et Larrey.

Prix Desmazières. — MM. Duchartre, Van Tieghem, Chatin, Bornet et Trécul réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Cosson et Duclaux.

([1]) Je renvoie à ma Note du 7 janvier dernier, à laquelle celle-ci est en quelque sorte une addition, et où, page 32, ligne 21, au lieu de *les* il faut lire *des*.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Ernest Fournier** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire intitulé « Cyclones et typhons; prévisions certaines sur la marche, la force et la durée de l'ouragan ».

(Commissaires : MM. Cornu, Mascart, de Jonquières.)

M. **Dyonnet** adresse une Note relative au traitement du choléra.

(Renvoi à la Commission.)

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines expressions quadruplement périodiques dépendant de deux variables.* Note de M. **E. Picard**, présenté par M. Hermite.

« Je voudrais indiquer, dans cette Note, certaines séries dépendant de deux variables complexes indépendantes, et possédant par rapport à celles-ci quatre couples de périodes conjuguées.

» 1. Avant d'arriver au cas de deux variables, je considère la série suivante dépendant de la seule variable x

$$\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} \frac{e^{x+m\omega}}{(a+e^{x+m\omega})(b+e^{x+m\omega})},$$

a et b étant deux constantes différentes de zéro, et ω également une constante dont la partie réelle n'est pas nulle. Cette série représente une fonction doublement périodique de x avec les deux périodes ω et $2\pi i$. Prenons particulièrement le cas où $a=b=1$, et où ω est réel; nous aurons la série

$$f(x)=\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} \frac{e^{x+m\omega}}{(1+e^{x+m\omega})^2}.$$

Le développement en série trigonométrique de l'expression précédente se fait très aisément. Si l'on pose

$$f(x) = \sum \mathrm{A}_p \cos \frac{2p\pi x}{\omega},$$

le coefficient A_p est donné par l'intégrale définie

$$\mathrm{A}_p = \frac{2}{\omega} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^x}{(1+e^x)^2} \cos \frac{2p\pi x}{\omega}\, dx,$$

qui se calcule facilement, et dont la valeur est égale à

$$\frac{8\pi^2}{\omega^2} \frac{p}{e^{\frac{2p\pi^2}{\omega}} - e^{-\frac{2p\pi^2}{\omega}}}.$$

» 2. Peut-on, avec deux variables complexes x et y, former une série analogue à $f(x)$? Voici, pour répondre à cette question, l'expression suivante, qui me paraît présenter quelque intérêt,

$$(1) \qquad \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} \frac{e^{\alpha(x+m\omega)+\beta(y+n\omega')}}{[1+e^{\alpha(x+m\omega)+\beta(y+n\omega')}]^2} \frac{e^{\alpha'(x+m\omega)+\beta'(y+n\omega')}}{[1+e^{\alpha'(x+m\omega)+\beta'(y+n\omega')}]^2},$$

où nous supposons ω, ω', α, α', β et β' réels, et $\alpha\beta' - \alpha'\beta \neq 0$.

» Cette expression est quadruplement périodique; on a, pour x et y, le tableau suivant de périodes simultanées

$$\begin{array}{c|cccc} x & \omega & 0 & \mathrm{G}i & \mathrm{H}i, \\ y & 0 & \omega' & \mathrm{G}'i & \mathrm{H}'i; \end{array}$$

les G et H sont définies par les équations

$$\left.\begin{array}{l} \alpha \mathrm{G} + \beta \mathrm{G}' = 2\pi \\ \alpha' \mathrm{G} + \beta' \mathrm{G}' = 0 \end{array}\right\} \quad \text{et} \quad \left\{\begin{array}{l} \alpha \mathrm{H} + \beta \mathrm{H}' = 0, \\ \alpha' \mathrm{H} + \beta' \mathrm{H}' = 2\pi. \end{array}\right.$$

» Il en résulte que les six quantités réelles ω, ω', G, G', H, H' peuvent être prises arbitrairement. Ceci montre que l'expression (1) ne peut être une fonction analytique de x et y, se comportant pour tout système de valeurs finies de x et y comme une fonction rationnelle. Il y a, en effet, pour la série (1), *des surfaces de singularités essentielles*, correspondant d'une part à

$$\alpha x'' + \beta y' = (2h+1)\pi,$$

et d'autre part à

$$\alpha' x'' + \beta' y'' = (2k+1)\pi ;$$

on a posé $x = x' + ix''$, $y = y' + iy''$; h et k sont des entiers quelconques.

» Ces singularités essentielles empêchent le prolongement analytique de l'expression; aussi ai-je employé ce terme d'*expression* et non pas de *fonction* quadruplement périodique.

» La série précédente se développera, non moins facilement que dans le cas d'une seule variable, en série trigonométrique de la forme

$$\sum\sum \mathrm{A}_{p,q} \cos\frac{2p\pi x}{\omega} \cos\frac{2q\pi y}{\omega'} + \mathrm{B}_{p,q} \sin\frac{2p\pi x}{\omega} \sin\frac{2q\pi y}{\omega'}.$$

» Indiquons seulement ici la valeur du coefficient $\mathrm{A}_{p,q}$. Il est d'abord donné par l'intégrale

$$\mathrm{A}_{p,q} = \frac{4}{\omega\omega'} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{\alpha x + \beta y}}{(1 + e^{\alpha x + \beta y})^2} \frac{e^{\alpha' x + \beta' y}}{(1 + e^{\alpha' x + \beta' y})^2} \cos\frac{2p\pi x}{\omega} \cos\frac{2q\pi y}{\omega'}\, dx\, dy.$$

» Si l'on pose maintenant

$$a = \frac{2\pi^2}{\alpha\beta' - \alpha'\beta}\left(\frac{p\beta'}{\omega} - \frac{q\alpha}{\omega'}\right), \qquad b = \frac{2\pi^2}{\alpha\beta' - \alpha'\beta}\left(-\frac{p\beta}{\omega} + \frac{q\alpha}{\omega'}\right),$$

$$a' = \frac{2\pi^2}{\alpha\beta' - \alpha'\beta}\left(\frac{p\beta'}{\omega} + \frac{q\alpha'}{\omega'}\right), \qquad b' = \frac{2\pi^2}{\alpha\beta' - \alpha'\beta}\left(-\frac{p\beta}{\omega} - \frac{q\alpha}{\omega'}\right),$$

on trouve la valeur très simple

$$\mathrm{A}_{p,q} = \frac{8}{\omega\omega'(\alpha\beta' - \alpha'\beta)}\left(\frac{a}{e^a - e^{-a}}\,\frac{b}{e^b - e^{-b}} + \frac{a'}{e^{a'} - e^{-a'}}\,\frac{b'}{e^{b'} - e^{-b'}}\right).$$

» Nous obtenons donc ainsi des séries trigonométriques dépendant de deux variables complexes, et présentant une grande analogie avec les séries trigonométriques d'une variable que l'on rencontre dans la théorie des fonctions elliptiques. J'ai quelques raisons de penser que les fonctions précédentes pourront intervenir utilement dans l'étude de certaines classes d'équations différentielles. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement d'un point matériel sur une sphère*. Note de M. **Gustave Kobb**, présentée par M. Hermite.

« Dans son Ouvrage *Sur quelques applications des fonctions elliptiques*, M. Hermite a ramené l'intégration des équations de mouvement du pen-

dule conique à l'intégration d'une équation différentielle de Lamé. Il existe une autre espèce de mouvement d'un point matériel sur une sphère qui conduit aussi à une application de l'équation de Lamé, que je vais établir.

» En adoptant les notations de M. Hermite, je pars de ces équations du mouvement

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{d^2x}{dt^2} + Nx = \dfrac{\partial U}{\partial x}, & U = Ax^2 + B(y^2 - z^2), \\ \dfrac{d^2y}{dt^2} + Ny = \dfrac{\partial U}{\partial y}, & \\ \dfrac{d^2z}{dt^2} + Nz = \dfrac{\partial U}{\partial z}, & x^2 + y^2 + z^2 = 1. \end{cases}$$

» Elles donnent d'abord, en désignant par H et c des constantes,

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = 2(U + H),$$
$$y\frac{dz}{dt} - z\frac{dy}{dt} = c,$$

d'où l'on déduit aisément

$$(2)\qquad \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = (1 - x^2)(2U + 2H) - c^2.$$

» Cette relation détermine la variable x.

» Par un procédé analogue à celui de M. Hermite, on trouve

$$\frac{d^2}{dt^2}(y + zi) = -(N - 2B)(y + zi),$$

et aussi

$$N = x\frac{\partial U}{\partial x} + y\frac{\partial U}{\partial y} + z\frac{\partial U}{\partial z} - \left(x\frac{d^2x}{dt^2} + y\frac{d^2y}{dt^2} + z\frac{d^2z}{dt^2}\right);$$

mais on a

$$x\frac{d^2x}{dt^2} + y\frac{d^2y}{dt^2} + z\frac{d^2z}{dt^2} = -\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 - \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 - \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = -2(U + H)$$

et, par conséquent,

$$N = 4U + 2H = 4(A - B)x^2 + 2H + 4B,$$

ce qui donne

$$(3)\qquad \frac{d^2}{dt^2}(y + zi) = -[4(A - B)x^2 + 2(B + H)](y + zi).$$

» On est ainsi amené à l'équation de Lamé, dans le cas de $n = 1$, comme nous allons le voir.

» Formons l'expression de x, et posons à cet effet

$$2(1 - x^2)[(A - H)x^2 + B + H] - c^2 = \gamma(1 - \alpha x^2)(1 - \beta x^2),$$

on a les relations suivantes

$$\gamma = 2(B + H) - c^2, \qquad \gamma\alpha\beta = -2(A - B),$$
$$\gamma(\alpha + \beta) = 2(B + H) - 2(A - B);$$

d'où résulte

$$2(B + H) = \gamma(\alpha + \beta - \alpha\beta).$$

» On trouve aisément que les racines α et β sont réelles. Posons encore

$$x' = x\sqrt{\alpha}, \qquad u = t\sqrt{\alpha\gamma},$$

l'équation devient

$$\left(\frac{dx'}{du}\right)^2 = (1 - x'^2)\left(1 - \frac{\beta}{\alpha}x'^2\right)$$

ou

$$x' = \operatorname{sn} u, \qquad k^2 = \frac{\beta}{\alpha},$$

et l'équation (3) prend la forme

$$\frac{d^2}{du^2}(y + zi) = (2k^2 \operatorname{sn}^2 u - 1 - k^2 + \beta)(y + zi),$$

qui est l'équation de Lamé dans le cas le plus simple, où l'on a $n = 1$. »

MÉCANIQUE. — *Sur l'equilibre d'élasticité des voûtes en arc de cercle.* Note de M. **Ribière**, présentée par M. Sarrau.

« Soit une voûte en arc de cercle d'ouverture $2\varphi_1$, de rayons r_0 et r_1, formée par un corps isotrope et que je suppose, pour réduire le problème à deux dimensions, d'une longueur indéfinie dans le sens perpendiculaire à la section droite.

» J'emploie des coordonnées cylindriques r et φ rapportées au centre de la voûte et au rayon vertical. Je désigne, en un point quelconque, par U et V les déplacements dans le sens du rayon et le sens perpendiculaire, par R et Φ les efforts normaux sur les éléments perpendiculaires à ces deux directions et par T l'effort tangentiel.

» On satisfait aux équations générales de l'élasticité en prenant

$$(1)\quad U = \sum\left[-a\frac{m-2\varepsilon}{4(m+1)\varepsilon}r^{m+1} - b\frac{m+2\varepsilon}{4(m-1)\varepsilon}\frac{1}{r^{m-1}} + \frac{c}{2m}r^{m-1} + \frac{d}{2m}\frac{1}{r^{m+1}}\right]\cos m\varphi,$$

$$(2)\quad V = \sum\left[a\frac{m+2(1+\varepsilon)}{4(m+1)\varepsilon}r^{m+1} - b\frac{m-2(1+\varepsilon)}{4(m-1)\varepsilon}\frac{1}{r^{m-1}} - \frac{c}{2m}r^{m-1} + \frac{d}{2m}\frac{1}{r^{m+1}}\right]\sin m\varphi,$$

a, b, c, d étant des constantes, m quelconque et ε égal à $\frac{\mu}{\lambda+\mu}$. A ces expressions de U et V correspondent pour R, Φ et T les valeurs

$$(3)\quad R = \mu\sum\left[-a\frac{m-2}{2\varepsilon}r^{m} + b\frac{m+2}{2\varepsilon}\frac{1}{r^{m}} + c\frac{m-1}{m}r^{m-2} - d\frac{m+1}{m}\frac{1}{r^{m+2}}\right]\cos m\varphi,$$

$$(4)\quad \Phi = \mu\sum\left[\quad a\frac{m+2}{2\varepsilon}r^{m} - b\frac{m-2}{2\varepsilon}\frac{1}{r^{m}} - c\frac{m-1}{m}r^{m-2} + d\frac{m+1}{m}\frac{1}{r^{m+2}}\right]\cos m\varphi,$$

$$(5)\quad T = \mu\sum\left[\quad a\frac{m}{2\varepsilon}\quad r^{m} + b\frac{m}{2\varepsilon}\frac{1}{r^{m}}\qquad - c\frac{m-1}{m}r^{m-2} - d\frac{m+1}{m}\frac{1}{r^{m+2}}\right]\sin m\varphi.$$

» Si l'on veut avoir aux naissances V = o et T = o, il faut donner à m les valeurs $m = \frac{i\pi}{\varphi_1}$, i étant successivement égal aux nombres entiers 1, 2, 3, ...

» Sur la surface d'intrados, qui n'est soumise à aucune force extérieure, c'est-à-dire pour $r = r_0$, on doit avoir R = o, T = o. Pour cela il suffit de prendre, dans chaque terme,

$$c = a\frac{m}{2\varepsilon}r_0^2 - b\frac{m}{2(m-1)\varepsilon}\frac{1}{r_0^{2(m-1)}},$$

$$d = a\frac{m}{2(m+1)\varepsilon}r_0^{2(m+1)} + b\frac{m}{2\varepsilon}r_0^2.$$

» On peut choisir a et b, qui restent indéterminés, de façon que les valeurs de R et T soient identiques, pour $r = r_1$, à deux séries de Fourier représentant le mode de répartition qu'on se donne pour les forces extérieures agissant sur l'extrados.

» Examinons le cas suivant : la voûte supporte, de $-\frac{\varphi_1}{s}$ à $+\frac{\varphi_1}{s}$, le poids d'une masse homogène limitée inférieurement à l'extrados et supérieurement à un plan horizontal dépassant le sommet de l'extrados d'une hauteur h. Le reste de la voûte est libre. Dans la partie chargée, chaque élément de l'extrados supporte exactement le poids de la masse contenue dans un cylindre vertical ayant pour base cet élément.

» Pour $r = r_1$ on doit avoir :

» 1° De $-\varphi_1$ à $-\frac{\varphi_1}{s}$,

$$R = 0, \qquad T = 0;$$

» 2° De $-\frac{\varphi_1}{s}$ à $+\frac{\varphi_1}{s}$,

$$R = P\left[-\frac{r_1}{2} + (h + r_1)\cos\varphi - \frac{r_1}{2}\cos 2\varphi\right],$$
$$R = P\left[(h + r_1)\sin\varphi - \frac{r_1}{2}\sin 2\varphi\right];$$

» 3° De $+\frac{\varphi_1}{s}$ à $+\varphi_1$,

$$R = 0, \ldots \quad T = 0.$$

» Pour cela il faut, en posant $D = -2m^2\left(1 - \frac{r_0^2}{r_1^2}\right)^2 + 2\left(\frac{r_1^{m-1}}{r_0^{m-1}} - \frac{r_0^{m+1}}{r_1^{m+1}}\right)^2$ prendre

$$a = \frac{2\varepsilon P}{\mu D\varphi_1}\left[\left(\frac{r_1}{m}\sin\frac{m\varphi_1}{s} - \frac{2(h - r_1)}{m-1}\sin\frac{(m-1)\varphi_1}{s} + \frac{r_1}{m-2}\sin\frac{(m-2)\varphi_1}{s}\right)\left(1 - \frac{r_1^{2(m-1)}}{r_0^{2(m-1)}}\right)\right.$$
$$\left. + \left(\frac{r_1}{m}\sin\frac{m\varphi_1}{s} - \frac{2(h + r_1)}{m+1}\sin\frac{(m+1)\varphi_1}{s} + \frac{r_1}{m+2}\sin\frac{(m+2)\varphi_1}{s}\right)(m+1)\left(\frac{r_0^2}{r_1^2} - 1\right)\right],$$

$$b = \frac{2\varepsilon P}{\mu D\varphi_1}\left[\left(\frac{r_1}{m}\sin\frac{m\varphi_1}{s} - \frac{2(h + r_1)}{m-1}\sin\frac{(m-1)\varphi_1}{s} + \frac{r_1}{m-2}\sin\frac{(m-2)\varphi_1}{s}\right)(m-1)\left(1 - \frac{r_0^2}{r_1^2}\right)\right.$$
$$\left. + \left(\frac{r_1}{m}\sin\frac{m\varphi_1}{s} - \frac{2(h + r_1)}{m+1}\sin\frac{(m+1)\varphi_1}{s} + \frac{r_1}{m+2}\sin\frac{(m+2)\varphi_1}{s}\right)\left(1 - \frac{r_0^{2(m+1)}}{r_1^{2(m+1)}}\right)\right].$$

» En faisant dans ces formules $s = 1$, on aurait les valeurs de a et b pour le cas où la charge, tout en étant distribuée de la même façon, agirait sur toute l'étendue de l'extrados.

» Si l'on porte dans les expressions (1), (2), (3), (4), (5) les valeurs de a, b, c, d correspondant au cas que l'on considérera, on aura des séries représentant respectivement les quantités U, V, R, Φ, T. On reconnaît facilement que toutes ces séries sont convergentes dans les deux cas que nous venons d'indiquer.

» On a donc, dans ces deux cas, et l'on pourrait avoir de même pour un grand nombre de répartitions différentes de la charge, la solution complète du problème de l'équilibre d'élasticité. »

PHYSIQUE. — *Sur un moyen d'illuminer un jet d'eau parabolique de grande dimension.* Note de M. **Bechmann**, présentée par M. Troost. (Extrait.)

« L'installation de la grande pièce d'eau lumineuse du Champ-de-Mars, pour l'Exposition universelle de 1889, comportait l'éclairage de plusieurs jets d'eau paraboliques, de grande dimension. Pour le réaliser, on comptait employer la disposition décrite dès 1841 par M. D. Colladon ([1]) et si souvent reproduite depuis. Dans cette disposition, la veine liquide s'échappe d'un orifice circulaire, percé dans l'une des faces verticales d'un réservoir parallélépipédique; elle est éclairée intérieurement par un faisceau lumineux convergent, fourni par une lentille enchâssée dans la face opposée du réservoir

» Mais, quand on voulut tenter d'obtenir les mêmes effets avec une veine liquide *de plus grand diamètre* et *de plus grande amplitude*, on constata que l'eau ne s'éclairait que sur une longueur de 1^m à peine; cette longueur diminuait à mesure qu'on augmentait l'amplitude ou la section du jet. On eut alors l'idée de remplacer le jet plein par un jet creux, dans lequel la lumière pénétrerait *sans avoir à traverser l'eau du réservoir lui-même.*

» Ce dispositif a été réalisé au moyen de deux troncs de cône métalliques, emboîtés l'un dans l'autre et portant des prolongements de forme cylindrique. L'eau, en pression, est amenée, par le tuyau d'alimentation, dans l'espace intermédiaire, et sort ainsi par un orifice annulaire, en donnant naissance à une veine creuse. Les rayons de lumière sont fournis par un foyer placé derrière l'appareil; après avoir traversé librement le tronc de cône intérieur, ils se réfléchissent sur la paroi interne de la veine.

» Le diamètre du jet a pu être porté jusqu'à $0^m,22$, et l'illumination a pu être obtenue sur une hauteur de $4^m,50$. La lame d'eau qui s'échappe de l'orifice annulaire peut d'ailleurs être extrêmement mince : on l'a réduite à 3^{mm} et même à 2^{mm} d'épaisseur, sans que la lumière d'une lampe à arc électrique très puissante pût la traverser. Pour empêcher la veine de se diviser trop rapidement en gouttelettes, il suffit de disposer, dans l'espace intermédiaire entre les deux troncs de cône, des cloisons directrices destinées à empêcher le mouvement de spirale que l'eau tend à y prendre. »

([1]) *Comptes rendus*, t. XV, p. 800.

PHYSIQUE. — *Sur la solubilité des sels*. Note de M. **H. Le Chatelier**, présentée par M. Daubrée.

« M. Bakhuis Roozeboom vient de faire paraître, sur la solubilité des sels, un travail extrêmement remarquable [1], dans lequel mes recherches sur le même sujet sont l'objet de quelques critiques, fort courtoises d'ailleurs, je le reconnais. Mais, en raison de l'autorité de leur auteur, je tiens à ne pas les laisser passer sans un mot de réponse, et à faire remarquer qu'elles visent exclusivement la première Note, très incomplète, que j'ai donnée aux *Comptes rendus* [2], et non mes publications ultérieures, auxquelles il n'est pas même fait allusion. Ce sont là des questions personnelles, sur lesquelles je ne veux pas insister, et j'aborderai immédiatement une discussion se rattachant à des considérations théoriques auxquelles j'attache une certaine importance.

» M. Roozeboom a découvert ce fait très intéressant et tout à fait imprévu, qu'à une température donnée un même sel peut avoir deux coefficients de solubilité distincts. Le chlorure de calcium hydraté $CaCl, 6HO$, au-dessous de son point de fusion 30°, 2, présente une courbe de solubilité formée de deux branches distinctes, qui viennent se réunir à la température de fusion de cet hydrate. Ces deux courbes auraient, en ce point, une tangente commune qui serait verticale. L'existence d'une courbe d'équilibre présentant une tangente verticale est en contradiction formelle avec les lois générales de l'équilibre chimique que j'ai formulées à différentes reprises; cela exigerait que la chaleur de dissolution fût infinie, ce qui est évidemment absurde. Ce désaccord entre la théorie et l'expérience m'avait vivement ému, car je n'osais contester l'exactitude d'expériences dues à un expérimentateur aussi habile. Mais j'ai fini par reconnaître que M. Roozeboom avait cédé à cette tentation, insurmontable, paraît-il, quand on s'occupe de solubilités, de corriger, en faisant le tracé des courbes, les résultats bruts de l'expérience. Les expériences, en effet, indiquent bien, comme le veut la théorie, un point anguleux très net. Le diagramme ci-joint le montre d'une façon évidente [3].

---

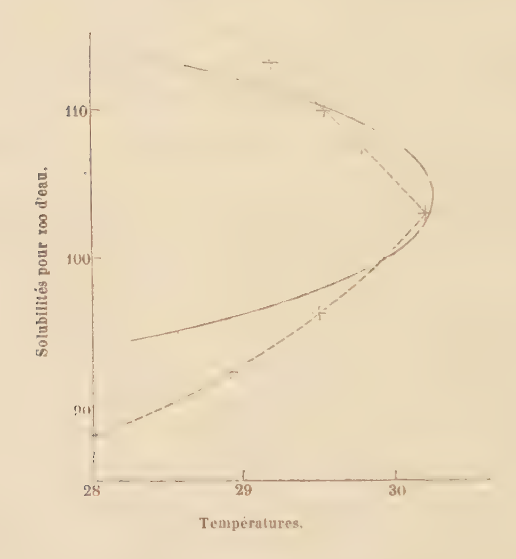
(1) *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, t. VIII, n° 1.

(2) *Comptes rendus*, t. C, p. 50; 1885.

(3) J'ai pris une échelle des températures vingt fois plus grande que celle de

» L'existence d'un point anguleux tient à ce que l'on a affaire à deux courbes entièrement distinctes qui se coupent au point de fusion du sel, tout raccord étant impossible d'après la nature même des phénomènes qu'elles représentent. L'une s'applique à une dissolution de Ca Cl, 6HO dans l'eau; l'autre, à une dissolution du même hydrate dans le sel an-

Courbes de solubilité de Ca Cl, 6HO *au voisinage de* 30°, 2.



hydre ou dans un de ses hydrates inférieurs. On devra du reste avoir, rayonnant autour du point de fusion de Ca Cl, 6HO, autant de courbes de solubilité distinctes que l'on emploiera de dissolvants différents : alcool, chlorure de sodium, etc. J'admets, en m'exprimant ainsi, la fiction usuelle, mais tout à fait impropre, d'une distinction effective entre le corps *dissous* et le corps *dissolvant*. En réalité, la dissolution est simplement un mélange liquide de différents corps qui interviennent tous au même titre, quel que soit l'état physique sous lequel ils peuvent s'isoler du mélange dans les conditions actuelles de température. A ce point de vue, il n'est pas plus diffi-

---

M. Roozeboom, de façon à exagérer l'écart des deux courbes. Les désaccords dont il s'agit ne portent, en réalité, que sur des dixièmes de degré.

cile de concevoir des dissolutions mutuelles de chlorure de calcium hydraté et de chlorure de calcium anhydre, que celles de tous autres corps solides : par exemple, d'un sel et de glace au-dessous de zéro. »

CHIMIE. — *Préparation des chlorure et bromure cuivreux, à l'aide des haloïdes alcalins et du sulfate de cuivre.* Note de M. **Denigès.** (Extrait.)

« .... Dans le cas du chlorure cuivreux, voici comment il convient d'opérer. On introduit dans un ballon :

	Parties.
Sulfate de cuivre cristallisé...............	1
Tournure de cuivre	1
Chlorure de sodium......................	2
Eau distillée..........................	10

» On chauffe pour dissoudre les sels; une fois l'ébullition obtenue, la réaction est rapide et la décoloration à peu près complète au bout de quatre à cinq minutes environ. Cela fait, on jette sur un filtre ou l'on décante directement, en recevant la liqueur dans 15 à 20 parties d'eau aiguisée de 1 à 2 pour 100 d'acide acétique, qui donne de la stabilité au chlorure cuivreux, ainsi que l'a signalé Rosenfeld. On lave par décantation à l'eau aiguisée d'acide acétique.

» Si l'on recueille, à part et à l'abri de l'air, la liqueur chaude après filtration, elle abandonne par refroidissement de très beaux tétraèdres de chlorure cuivreux. Cette même liqueur absorbe l'oxyde de carbone et l'hydrogène phosphoré, comme la solution chlorhydrique; additionnée d'ammoniaque jusqu'à dissolution du précipité qui se forme, elle convient parfaitement pour l'obtention de l'acétylure cuivreux.

» On peut, dans la préparation, remplacer le sel de sodium par un même poids de sel de potassium et surtout d'ammonium. Ce dernier, dans lequel le chlorure cuivreux est très soluble, se prête particulièrement, après refroidissement de la solution, à l'absorption de l'oxyde de carbone et du phosphure d'hydrogène.

» Dans la préparation du bromure cuivreux, il faut employer une dose de bromure de potassium ou de sodium double de celle qui a été indiquée pour les chlorures alcalins.... »

CHIMIE. — *Réaction nouvelle et caractéristique des sels de cuivre.* Note de M. **Denigès.** (Extrait.)

« Cette réaction repose sur la transformation facile des sels de cuivre en bromure cuivrique sous l'influence du bromure de potassium et sur la déshydratation par l'acide sulfurique du sel produit, lequel, en dissolution dans l'excès de bromure, se manifeste alors avec une belle coloration d'un rouge violacé.... »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les matières sucrées de quelques espèces de champignons.* Note de M. **Em. Bourquelot.**

« Les recherches effectuées pour déterminer les principes renfermés dans les champignons, et en particulier celles de M. Müntz, ont établi qu'on pouvait rencontrer dans ces végétaux principalement deux sortes de matières sucrées : la mannite et la tréhalose. Elles existeraient fréquemment ensemble dans la même espèce; certaines espèces, au contraire, renfermeraient exclusivement l'une ou l'autre de ces deux substances ([1]).

» En réalité, les espèces de champignons sur lesquelles ont porté les investigations sont peu nombreuses. On peut en relever tout au plus une trentaine, sur plusieurs milliers de champignons connus. On pouvait donc se demander si ces deux matières sucrées sont les seules qui soient contenues dans ces végétaux, ou encore s'il n'existe pas à cet égard une certaine analogie de composition chez les espèces de ces Cryptogames appartenant au même groupe botanique. Enfin, il n'était pas sans intérêt de rechercher les raisons pour lesquelles un champignon a donné au même observateur tantôt de la tréhalose, tantôt de la mannite ([2]). Je présente aujourd'hui à l'Académie les résultats auxquels je suis parvenu en étudiant ces différents points sur huit espèces de champignons appartenant au genre *Lactarius* de Fries, et sur le *Boletus aurantiacus* de Sowerby.

» Quelques-uns de ces résultats m'amènent à penser, ainsi qu'on le

---

([1]) Muntz, *Recherches sur les fonctions des champignons* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. VIII, p. 56; 1876).

([2]) Mitscherlich rapporte, dans ses *Recherches sur l'ergot de seigle,* qu'il a trouvé une fois du mycose (tréhalose) et une autre fois de la mannite. (*J. f. prakt. Chem.*, t. LXXIII, p. 65; 1858).

verra plus loin, que la dessiccation des champignons à basse température n'arrête pas les phénomènes intimes de nutrition chez ces végétaux, et que la composition d'un champignon desséché peut être différente, en ce qui concerne les matières sucrées, de celle du même champignon frais.

» Les champignons sur lesquels j'ai expérimenté ont toujours été choisis jeunes ou en pleine végétation. J'ai rejeté tous ceux qui renfermaient des larves ou qui présentaient quelque commencement de moisissures. Mes expériences ont porté, pour chaque espèce, sur des quantités qui ont varié, suivant l'abondance de ces espèces, de 1^{kg} à 40^{kg}.

» Dans une première série d'opérations, le traitement de ces végétaux peut être résumé ainsi qu'il suit :

» 1° Dessiccation à l'air libre, puis à l'étuve, à 50°-60°;

» 2° Épuisement par l'alcool à 80° bouillant;

» 3° Distillation des liqueurs alcooliques et évaporation au bain-marie du liquide restant, jusqu'à consistance demi-sirupeuse.

» La matière, portée alors dans un exsiccateur, se prend au bout de quelques jours en cristaux qui sont délayés dans l'alcool à 80° froid, puis essorés à la trompe. Après plusieurs purifications par cristallisation dans l'alcool à 80°, les cristaux présentaient les caractères de la mannite. Dans aucune des espèces de Lactaire ainsi traitées, je n'ai pu séparer de sucre agissant sur le plan de la lumière polarisée.

» Le Tableau suivant donne le rendement en mannite de ces champignons. Ce rendement est rapporté au champignon desséché à 100°.

	Année de la récolte.	Mannite pour 100.
Lactarius vellereus Fries............	1886	7,77
» »	1888	2,14
» *turpis* Weinm............	»	9,50
» *piperatus* Scop...........	»	1,90
» *pyrogalus* Bull...........	»	15,00
» *controversus* Pers........	»	4,90
» *torminosus* Schaeff........	»	5,10
» *subdulcis* Bull............	»	6,66
» *pallidus* Pers.............	»	10,50

» On voit que les proportions de mannite varient beaucoup d'une espèce à l'autre; elles varient même, pour la même espèce, d'une année à l'autre, ce qui pourrait vraisemblablement être rapporté à des causes dépendant des conditions atmosphériques.

» Mais l'expérience suivante, dans laquelle une certaine quantité de

l'un des champignons ci-dessus a subi un traitement particulier, m'a paru surtout digne d'intérêt.

» 7^{kg} de *L. piperatus* ont été jetés dans l'eau bouillante, quelques heures après la récolte, et épuisés à plusieurs reprises par ce liquide. Les solutions rassemblées ont été évaporées au bain-marie, en consistance sirupeuse, et le sirop épuisé par l'alcool à 80° bouillant. Les liqueurs alcooliques ont été ensuite traitées comme ci-dessus. J'ai obtenu ainsi un produit cristallisé pesant 40^{gr} environ après dessiccation. De ce produit, j'ai pu extraire 30^{gr} d'une matière sucrée, qui se sépare en beaux cristaux lorsqu'on la dissout dans $3\frac{1}{2}$ parties d'alcool à 75° bouillant et qu'on laisse refroidir.

» Ces cristaux, desséchés à l'air, présentent les propriétés suivantes :

Point de fusion..... 100°
Pouvoir rotatoire... $(p = 0^{gr},5234;\ v = 50^{cc},15;\ \alpha = 3°,82)\ \alpha_D = +183°,00$

» Le pouvoir rotatoire rapporté à la matière desséchée entre 125° et 130° devient $\alpha_D = +198°,07$.

» Ce sucre ne réduit pas par la liqueur cupropotassique et ne fermente pas en présence de la levure de bière. Aucun des ferments solubles connus ne peut le dédoubler; mais l'acide sulfurique étendu le dédouble en glucose (1).

» Cette matière sucrée est donc bien la tréhalose de M. Berthelot, que M. Müntz a déjà signalée dans les champignons.

» Ainsi une même espèce de champignon, qui renferme de la tréhalose lorsqu'elle vient d'être récoltée, n'en renferme plus après dessiccation lente. Le même fait s'est reproduit avec le *Boletus aurantiacus* Sow. qui, après dessiccation, m'a fourni 8^{gr} de mannite pour 100, alors que traité par l'eau bouillante, immédiatement après la récolte, il m'a donné 19^{gr} de tréhalose presque exempte de mannite, pour $2^{kg},650$ de champignons frais.

» Cette disparition de la tréhalose pendant la dessiccation me paraît être un phénomène de maturation. On sait que la végétation des champignons est très active : comme les fruits, ils continuent à vivre après la récolte, tout au moins durant les premiers temps de la dessiccation. C'est pendant ce temps sans doute que la tréhalose est consommée. »

(1) La solution qui a servi à la détermination du pouvoir rotatoire, additionnée d'un égal volume d'eau renfermant 4 pour 100 de SO^3,HO, et maintenue en vase clos à 105°-106° pendant cinq heures, donnait $\alpha = +33'$. Rapporté à la concentration primitive, ce chiffre devient $\alpha = +1°,10$. Le chiffre théorique calculé sur le pouvoir rotatoire du glucose $\alpha_D = +52,8$ serait $+1°,07$.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur l'action physiologique et thérapeutique de l'orthométhylacétanilide.* Note de MM. **Dujardin-Beaumetz** et **G. Bardet**.

« Un grand nombre de corps de la série aromatique nous ont été apportés, dans le courant des deux dernières années, au laboratoire de Thérapeutique de l'hôpital Cochin, ce qui nous a permis d'entreprendre un travail d'ensemble sur l'action comparée des composés de cette série et la recherche d'une loi qui établirait cette action en fonction de leur composition chimique. Parmi ces corps, nous avons eu l'occasion d'étudier un dérivé de la benzine désigné sous le nom d'*exalgine* (de ἐξ, hors; et ἄλγος, douleur) par le chimiste qui l'a préparé, M. Brigonnet; ce composé, en raison des propriétés physiologiques très nettes qu'il possède, nous a permis de faire faire un pas à cette étude générale.

» L'exalgine est chimiquement l'orthométhylacétanilide, répondant à la formule $C^9H^{11}AzO$: on obtient avec l'acétanilide trois dérivés méthylés, occupant les positions para, ortho et méta; c'est donc le dérivé ortho, dont le point de fusion est 101°C., que nous avons étudié. Il se présente en aiguilles ou en larges tablettes blanches, suivant qu'il a été obtenu par cristallisation ou qu'il s'est pris en masse après distillation; il est peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'eau chaude, très soluble dans l'eau légèrement alcoolisée.

» Administré à un animal, ce corps agit énergiquement sur l'axe cérébrospinal et entraîne, en quelques minutes, la mort d'un lapin, à la dose de $0^{gr},46$ par kilogramme du poids du corps : il se produit alors des phénomènes d'impulsion, du tremblement et la paralysie des muscles respiratoires. A dose non toxique, la sensibilité à la douleur disparaît, mais la sensibilité tactile persiste; on note un abaissement progressif et notable de la température.

» Comparés à ceux de l'antipyrine, les effets physiologiques et toxiques de ce corps se ressemblent beaucoup; mais cependant l'orthométhylacétanilide, ou plus simplement exalgine, paraît agir plus nettement sur la sensibilité et d'une façon moins active sur les centres thermogènes.

» Au point de vue thérapeutique, on obtient de l'orthométhylacétanilide des effets analgésiques à la dose de $0^{gr},25$ à $0^{gr},40$, prise en une seule fois, ou de $0^{gr},40$ à $0^{gr},75$ prise en deux fois dans les vingt-quatre heures. Cette action analgésique est très marquée et paraît supérieure à celle de antipyrine, et cela dans toutes les formes de névralgies, y comprises les

névralgies viscérales. Jusqu'à présent, nous n'avons pas eu à constater, dans l'emploi de ce médicament, l'irritation gastro-intestinale, le rash et la cyanose déjà notés dans l'usage de l'antipyrine ou de l'acétanilide, mais une seule fois un léger érythème.

» L'orthométhylacétanilide s'élimine par les urines, elle modifie la sécrétion urinaire et agit, comme les antithermiques du même groupe, dans la polyurie diabétique, en diminuant la quantité de sucre et la quantité journalière des urines.

» En résumé, l'orthométhylacétanilide, ou exalgine, est un puissant analgésique, qui paraît supérieur, à ce point de vue particulier, à l'antipyrine : elle est de plus beaucoup plus active, puisqu'elle agit à doses moitié moindres. Si l'on compare ce nouveau produit aux autres antithermiques analgésiques tirés de la série aromatique, on constate que, comme ces derniers, l'exalgine est à la fois antiseptique, antithermique, analgésique, mais que c'est cette dernière propriété qui paraît dominer dans ses effets thérapeutiques.

» D'après nos recherches sur l'ensemble de ces corps, il semble découler une loi qui permettrait d'apprécier *a priori* la dominante des trois propriétés physiologiques qui caractérisent leur action : effets antiseptiques, antithermiques et analgésiques.

» Les effets antiseptiques appartiendraient surtout aux dérivés hydratés alcooliques (phénol, naphtol, etc.).

» Les propriétés antithermiques seraient surtout dominantes dans les dérivés amidogénés (acétanilide, kairine, thalline, etc.).

» Enfin les propriétés analgésiques seraient au maximum dans les corps amidogénés où l'on a substitué à 1^{at} d'hydrogène 1^{mol} d'un radical gras, et particulièrement de méthyle (antipyrine ou diméthyloxyquinizine, acetphénétidines, etc.); le corps que nous venons d'étudier, exalgine ou orthométhylacétanilide, rentre donc dans ce dernier groupe. »

PATHOLOGIE. — *Sur les kystes dermoïdes intra-craniens.* Note de M. Lannelongue, présentée par M. Verneuil.

« La rareté de cette affection n'a pas permis jusqu'ici d'en faire un examen pathologique approfondi, d'en aborder la pathogénie, non plus que d'en établir le diagnostic clinique. La question présente cependant une grande importance ; en effet, comme ces kystes sont placés loin du tégument externe et séparés de lui par une épaisse couche osseuse, l'étude de leurs relations avec la peau permet, mieux que tout autre kyste de même

nature, de confirmer la théorie de l'enclavement du tégument (loi de Verneuil) ou celle d'une genèse spontanée émise par Lebert.

» Tous les faits publiés antérieurement sont trop incomplets pour permettre de se prononcer dans un sens ou dans un autre; pourtant, comme il n'y est signalé aucune connexion avec la peau, il semblerait que ce silence soit une condition favorable à l'opinion de Lebert (hétéroplastie). Il n'en est rien toutefois, comme nous avons pu nous en assurer récemment, dans un fait qui sert de base à la présente Communication.

» Ce qu'on savait jusqu'ici des kystes dermoïdes intra-craniens peut être résumé brièvement.

» Ces kystes occupent, sans aucune exception, les fosses cérébelleuses et plus spécialement le voisinage du pressoir d'Hérophile; cinq fois sur six, ils étaient situés dans l'angle rentrant formé par la tente du cervelet et la dure-mère des fosses cérébelleuses. On trouve là une tumeur médiane et symétrique, variant du volume d'une noix à celui d'une orange, enchatonnée tantôt entre l'occipital et la dure-mère (kyste *extra-dure-mérien*), tantôt entre celle-ci et la substance nerveuse. En se développant, le kyste repousse d'arrière en avant les deux lobes du cervelet, comprime cet organe, l'atrophie et l'amincit, etc.

» La compression s'exerce aussi sur la protubérance, le bulbe, la moelle elle-même; puis sur certains vaisseaux, les sinus craniens en particulier, les veines encéphaliques; de là, comme conséquence, une hydropisie ventriculaire, l'œdème cérébral ou cérébelleux et même l'hydrocéphalie.

» La paroi kystique est en général mince, adhérente à la dure-mère, et souvent comme fusionnée avec elle, mais non avec la substance cérébrale, qui n'a que des rapports de contiguïté. Le contenu se compose de masses épithéliales et sébacées d'apparence caséeuse, disposées en couches stratifiées contre la paroi, avec des cheveux en boucles, en touffes, de la même couleur que ceux du sujet ou d'une couleur différente, atteignant jusqu'à 2 pouces de long.

» Les signes n'ont rien de pathognomonique; on doit chercher les éléments du diagnostic dans le groupement des symptômes et dans la marche particulière des accidents. Le jeune âge des sujets (2 ans le plus jeune, 20 ans le plus âgé) est un argument en faveur du kyste, et il n'y a guère que la syphilis héréditaire ou les tubercules de la moelle allongée qui pourraient donner lieu à des signes comparables.

» L'observation dont on va lire le résumé n'ajoute guère à nos connaissances cliniques sur les kystes dermoïdes intra-craniens, mais elle éclaire singulièrement leur anatomie pathologique et leur pathogénie.

» La relation directe entre le kyste et le tégument externe avait pu être soupçonnée déjà dans un cas de César Hawkins; en effet, le crâne présentait en face du kyste une perforation oblique de haut en bas et d'avant en arrière, pouvant livrer passage à un stylet. On doit voir là une preuve que l'ossification était restée incomplète à cause de la présence du kyste et non par suite d'une usure qu'il aurait produite.

» Mais ce fait n'est pas suffisamment démonstratif, et, sur une pièce anatomique qui nous a été offerte par M. Widal, nous avons découvert, par la dissection, un lien de continuité assez épais entre la peau et la paroi du kyste intra-cranien. Voici le résumé de ce cas :

» *Kyste dermoïde cérébelleux médian refoulant le cervelet et le bulbe.* — De la paroi du kyste, au point où elle se confond avec la dure-mère, part un ligament fibreux qui s'engage dans l'occipital par un petit canal osseux à bords arrondis et dirigé de bas en haut. D'autre part, en séparant le cuir chevelu de la voûte cranienne, on trouve un petit pédicule, plus court que le premier, et qui, né de la face profonde du cuir chevelu, s'engage dans l'occipital en se dirigeant en bas. Bien que ces deux pédicules ne soient pas exactement au même niveau et ne soient peut-être pas en continuité complète, il n'en est pas moins évident que leur conformation semblable et la direction identique de leur trajet doivent les faire considérer comme les deux parties d'un même *tractus* ayant été primitivement en continuité, et séparées plus tard par le développement du squelette.

» Ce fait contient tout entière la pathogénie des kystes dermoïdes intracraniens, et le point de départ du kyste dans le tégument externe y apparaît avec la plus grande netteté. Il démontre que, malgré la présence d'une épaisse couche osseuse entre la paroi du kyste et le tégument, ces deux parties sont réunies l'une à l'autre par un faisceau fibreux, indice de l'enclavement d'une portion de la peau du crâne pendant la vie intra-utérine. On peut donc élargir encore la proposition de Verneuil et poser la loi suivante : *Tout kyste dermoïde émane de l'enclavement ou de la persistance de l'ectoderme provenant d'une fissure embryonnaire.*

» Il reste à élucider un dernier point, celui qui a trait au siège exclusif de ces kystes dans les fosses postérieures du crâne. Tout porte à penser qu'il se fait un pli tégumentaire dans les dépressions qui existent normalement entre les vésicules cérébrales. Qu'un pincement de l'ectoderme se produise en ce point, et l'îlot enclavé, qui sera le futur kyste, se trouvera nécessairement interposé entre le cerveau antérieur et le postérieur. La flexion prononcée que présente le cerveau de l'embryon à ce niveau peut contribuer à la formation du pli tégumentaire, et il n'est pas jusqu'au déve-

loppement de la tente du cervelet qui ne puisse entraîner dans la profondeur les parties enclavées.

» La pathogénie des kystes dermoïdes intra-craniens offre un intérêt d'autant plus grand qu'elle sert à éclairer la clinique en montrant que ces tumeurs ont leur siège exclusif dans les fosses cérébelleuses. Cette donnée peut à son tour permettre de poser le diagnostic et servira peut-être un jour de guide à la thérapeutique chirurgicale. Le seul traitement rationnel doit être, en effet, la trépanation du crâne suivie de l'extirpation de la tumeur; comme le siège de ces kystes est connu et que l'innocuité relative de la trépanation est établie aujourd'hui, on peut tenter cette opération. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur les ravages exercés par un Hémiptère du genre* Ælia *sur les céréales algériennes*. Note de M. A. **Pomel**, présentée par M. Dehérain.

« Je dois à M. le général Poizat, commandant la division d'Alger, communication, avec documents d'études à l'appui, des ravages exercés par un insecte sur les cultures des céréales des hauts plateaux algériens. Les résultats de l'examen que j'en ai fait intéresseront peut-être l'Académie.

« L'insecte parfait, disait la lettre d'envoi, apparaît avec l'été et sa larve n'a pas été observée. Pendant la nuit, il se tient en bandes dans les touffes d'alfa de Haïcha et de Semagh; pendant le jour, il voltige dans les champs d'orge et de blé, mais de préférence dans ces derniers, où il commet des dégâts comparables à ceux des Sauterelles. L'insecte parfait grimpe le long des tiges jusqu'à l'épi. Il perce alors avec la trompe, dont il est armé, le tégument de la graine et le vide presque complètement. Les grains, en apparence intacts, conservent une odeur nauséabonde, qui les rend impropres à l'alimentation des hommes et même des animaux; ils ne peuvent plus être employés que comme semence.

» Les indigènes donnent à cet insecte le nom de *Oum Tebag* (mère de la Calamite); il a fait son apparition dans le cercle de Djelfa depuis trois ans; mais il n'y avait pas encore commis dans les blés des dégâts importants. Cette année, 1888, les blés ont eu beaucoup à souffrir des déprédations de l'*Oum Tebag*. Les orges n'ont point été atteints.

» J'ai pu examiner un assez grand nombre d'exemplaires de cet insecte: c'est un Hémiptère scutelléridé du groupe des Pentatomes et du genre *Ælia*, voisin de *Ælia acuminata*. Il en a le faciès et les fascies; mais il est plus grand, 11^{mm} au lieu de 9^{mm}, et proportionnellement un peu plus large; la bande brune, qui longe de chaque côté la ligne blanchâtre médiane du

corselet et de l'écusson, est plus foncée et de teinte uniforme, ne présentant pas la nuance effacée qui forme comme une ligne distincte dans *Ælia acuminata*. La partie coriace des élytres est plus étroite en arrière et elle présente une nervure très marquée se détachant du milieu de la nervure interne parallèlement à l'externe et dont il y a à peine trace dans l'espèce comparée. C'est probablement une espèce ou une race distincte, qu'on pourrait nommer *Ælia triticiperda*. Il n'y en a aucune indication dans l'Ouvrage de M. Lucas (Commission scientifique de l'Algérie), ni dans la liste publiée plus récemment par la Commission tunisienne; on peut faire remarquer, à l'appui de la distinction spécifique de l'insecte algérien, qu'il s'attaque de préférence au blé, tandis que son congénère d'Europe paraît affectionner l'orge, sur lequel il est loin d'exercer des ravages aussi considérables.

» M. le commandant Didier, directeur des Affaires indigènes, m'a fait parvenir, en même temps que des insectes, des épis de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et des grains attaqués. Ces épis sont très légers, toujours dressés par conséquent, pourvus de leur longue barbe brunâtre et ne présentant rien extérieurement qui indique leur état contaminé. La plus minutieuse observation ne dévoile aucune déchirure, aucune perforation sur les glumes et glumelles, d'où l'on peut conclure que la bête les écarte pour faire pénétrer son suçoir.

» Les grains sont toujours mal formés, ratatinés inégalement, ayant pour la plupart conservé leur embryon, développé comme d'habitude; l'albumen est en partie corné comme dans le blé dur et au contact de l'embryon, en partie farineux comme dans le blé tendre et assez inégalement, parfois d'un côté seulement. On peut en déduire que si l'insecte vide complètement le grain de son albumen laiteux, il doit encore s'en constituer une certaine quantité après cette vidange, au moins sur un certain nombre de grains.

» Un épi des plus développés, contenant 19 épillets triflores, a donné 41 grains au lieu de 57, et ces 41 grains ont pesé $1^{gr},1$, moitié de ce que pèsent 41 grains de blé de Médéah, qui est l'espèce cultivée. Le blé contaminé pèse 53^{kg} à l'hectolitre; le blé sain en pèse 80^{kg}. Certains épis n'ont donné qu'une moyenne de $1\frac{1}{2}$ grain par épillet triflore, les autres ayant dû avorter par suite de la succion de l'insecte. J'ai essayé la faculté germinative de ces grains imparfaits; un choix de 10 parmi les mauvais m'a donné 7 germinations, mais 5 seulement ont eu assez d'albumen pour persister jusqu'à la quatrième feuille. 30 grains pris au hasard ont donné 23 germi-

nations, dont un tiers très maigres et 3 à 4 seulement vigoureuses, de sorte qu'on peut en déduire que ce blé contaminé doit constituer une très médiocre semence.

» L'étude du développement de l'insecte pourra fournir des renseignements sur les habitudes de la larve permettant de lui faire une guerre acharnée : ces études seront certainement faites sous la haute direction de M. le commandant Didier, et sous l'impulsion éclairée de M. le général Poizat. »

BOTANIQUE. — *Sur le développement et la constitution des anthérozoïdes des Fucacées.* Note de M. **Léon Guignard**.

« L'anthérozoïde des Algues vertes et brunes, au lieu d'être formé essentiellement par un noyau métamorphosé, comme chez les Cryptogames étudiées dans mes Notes antérieures [1], est au contraire représenté par une cellule, dont la structure peut d'ailleurs offrir quelques variations. Chez les Fucacées, par exemple, où sa différenciation est relativement très marquée, ce corps reproducteur est pourvu de deux cils et d'un « point rouge », appelé souvent à tort *point oculiforme*. Mais si les caractères extérieurs les plus saillants en sont bien connus, grâce surtout aux beaux travaux de Thuret et de M. Bornet, l'étude du développement et de la structure intime mérite aujourd'hui d'être complétée. C'est dans ce but qu'ont été faites les observations dont je résume ici les résultats.

» J'ai examiné comparativement les espèces suivantes : *Fucus serratus* L., *F. vesiculosus* L., *F. platycarpus* Thur., *Bifurcaria tuberculata* Stackh., *Pelvetia canaliculata* Dcne et Thur., *Halidrys siliquosa* L., *Cystosira barbata* J. Ag. Comme elles offrent la plus grande analogie quant aux faits essentiels à considérer, il suffira de prendre pour exemple le *Fucus serratus*.

» Dans les conceptacles mâles, où elles naissent en grand nombre, les jeunes anthéridies se distinguent, dès le début, des cellules qui terminent les poils stériles ou paraphyses, par la grosseur de leur noyau et la richesse de leur protoplasme, renfermant des chromatophores incolores de forme et de volume variables. Chacune d'elles donne naissance à soixante-quatre anthérozoïdes. Pour cela, au gros noyau primitif succèdent, par suite de bipartitions répétées s'effectuant selon le mode normal de la karyokinèse,

[1] *Comptes rendus*, 7 janvier et 4 mars 1889.

soixante-quatre petits noyaux uniformément répartis dans le protoplasme. Les chromatophores se divisent aussi et deviennent plus nombreux que les noyaux; parmi eux, les uns restent d'abord incolores, les autres prennent une teinte jaune, puis orangée, et forment des globules colorés de volume variable. A chaque noyau s'accole un chromatophore incolore, qui deviendra le « point rouge » de l'anthérozoïde.

» Pour constituer le corps de ce dernier, le protoplasme se partage et se répartit autour des noyaux. Chacun des anthérozoïdes en voie de formation présente ensuite une forme ovoïde et légèrement comprimée sur deux faces opposées. Le chromatophore accolé au noyau prend peu à peu la teinte orangée, caractéristique du granule appelé ici assez improprement « point rouge », tandis que les globules de même couleur et de volume inégal, qui n'entrent pas directement dans la formation des anthérozoïdes, entre lesquels ils restent disséminés, perdent au contraire leur matière colorante et se résorbent plus ou moins rapidement. Le point rouge reste adjacent au noyau; toujours situé sur le côté du corps, il n'est recouvert que par une couche protoplasmique excessivement mince.

» Le corps devient symétrique par rapport à un plan, qui passe par le point rouge. A sa surface et dans le plan de symétrie, on aperçoit bientôt un anneau protoplasmique délicat, finement granuleux et transparent, destiné à former les cils. Ces derniers, au nombre de deux, comme on sait, se différencient très rapidement et partent, en sens inverses, du point rouge sur lequel ils sont unis par un filet protoplasmique d'une ténuité extrême. Le cil qui correspond à la partie antérieure de l'anthérozoïde fait une fois le tour du corps; celui de la partie postérieure en fait deux fois le tour et possède, par conséquent, une longueur double de celle du premier. L'un et l'autre se séparent de la surface du corps avant même que l'anthérozoïde commence à s'agiter pour sortir de l'anthéridie; mais ils ne se déploient qu'au moment de la mise en liberté.

» En entrant en mouvement, l'anthérozoïde adulte devient pyriforme, la partie antérieure du corps s'étirant en un col atténué en pointe mousse. Le cil antérieur, qui sert de rame, est soudé sur une certaine longueur avec la base du col; le cil postérieur, qui fait l'office de gouvernail, s'insère au contact du point rouge et du protoplasme, avec lequel il ne contracte pas une adhérence semblable. Remarquons, à ce propos, que l'insertion des cils est la même chez toutes les Fucacées, sans en excepter le *Cystosira*, où elle a pourtant été décrite et figurée d'une façon différente.

» La symétrie du corps est non seulement bilatérale, mais encore dorsi-

ventrale. Le point rouge, un peu réniforme, en occupe la face déprimée, sur laquelle il fait saillie ; il touche ordinairement au noyau, situé dans la partie renflée, mais il ne lui est pas soudé. Ce noyau, riche en substance chromatique, ne forme pas, comme on paraît le croire, la majeure partie du corps ; la difficulté de le fixer dans sa forme normale, ainsi que la coloration rapide et intense du protoplasme qui l'entoure et contribue à le masquer, n'avaient pas permis de juger des proportions relatives des parties constitutives de l'anthérozoïde.

» Les variations qu'on rencontre dans l'ensemble des Fucacées ne portent guère que sur la forme du corps, moins allongée parfois dans quelques espèces que dans l'exemple choisi.

» En résumé, l'anthérozoïde de ces plantes est une cellule ordinairement pyriforme, nue et pourvue d'un noyau situé à côté du point rouge, dans la partie du corps la plus large, et de deux cils de longueur inégale, qui se forment aux dépens d'un anneau périphérique de protoplasme. Le point rouge tire son origine des chromatophores primitifs de l'anthéridie. Le contenu de cette dernière n'entre pas tout entier dans la constitution des anthérozoïdes ; le protoplasme forme une notable partie du corps de chacun d'eux. »

PÉTROGRAPHIE. — *Sur un gisement français de mélaphyres à enstatite.* Note de M. **A.-Michel Lévy**, présentée par M. Fouqué.

« Je dois à l'obligeance de MM. Mouret et Bergeron, collaborateurs du service de la Carte géologique de la France, d'avoir pu étudier quelques types de mélaphyres des environs de Figeac, fort intéressants au point de vue pétrographique.

» Ils constituent des affleurements à l'est de Figeac dans la vallée du Célé ; au nord de cette même ville, dans la vallée de Planiolles ; enfin sur la rive droite du Lot, à Gaillot, au sud de Faycelles. Les plus beaux échantillons proviennent du gisement de Planiolles qui présente une roche noire compacte, à cassure conchoïdale, tandis que, dans les autres pointements, la roche éruptive est mêlée à des tufs.

» M. Mouret suppose que les mélaphyres de Figeac sont contemporains du houiller supérieur ; M. Bergeron estime qu'elles percent intégralement ce terrain.

» A la loupe, ces roches laissent apercevoir quelques petits cristaux de

feldspath triclinique et d'un minéral transparent jaunâtre dans une pâte noire compacte.

» Au microscope, la composition minéralogique est très simple et se résume ainsi qu'il suit :

» 1° Cristaux en débris de première consolidation; *olivine*, transformée en serpentine et en chlorite; *bronzite*, constituant de nombreux prismes, m (110), h^1 (100), g^1 (010) à pointements e^2 (012), d'ailleurs rarement intacts; *augite*, très rare, *anorthite*, *labrador*. Le *fer oxydulé* est extrêmement rare.

» 2° Microlithes de seconde consolidation dans un verre brun très abondant; *labrador; bronzite*, en microlithes allongés très fins et très nombreux; *augite*, extrêmement rare.

» On voit que ces mélaphyres sont caractérisés par l'extraordinaire abondance de la *bronzite* en grands cristaux et en microlithes. Les propriétés cristallographiques et optiques ne laissent planer aucun doute sur la détermination de ce minéral; il se présente en prismes octogonaux, avec clivages mm (110) ($1\bar{1}0$) presque rectangulaires et assez difficiles. L'indice n_g est parallèle à l'arête du prisme; le plan des axes optiques est situé dans g^1 (010); l'angle vrai des axes est très grand, voisin de 90°; le polychroïsme est à peine sensible, dans les tons brunâtres; enfin la biréfringence ne dépasse pas 0,009.

» Pour confirmer d'une façon définitive le diagnostic, j'ai suivi la méthode imaginée par M. Fouqué lorsqu'il a fait à Santorin la découverte des premières andésites à hypersthène qui aient été signalées : j'ai attaqué la roche, convenablement pulvérisée, par l'acide fluorhydrique, et j'ai pu en extraire les cristaux de bronzite. L'un d'eux, d'une taille suffisante, a été retourné de 90° sous le microscope, au moyen d'une aiguille, et s'est trouvé successivement couché sur les faces h^1 (100) et g^1 (010); dans les deux positions, l'extinction s'est faite rigoureusement suivant la longueur, tandis que le pyroxène eût donné sur g^1 (010) un angle d'extinction dépassant 38°.

» La découverte, par M. Fouqué, des andésites à hypersthène a été publiée en 1879; depuis lors les pyroxènes rhombiques ont été maintes fois signalés dans des roches trachytoïdes, à deux temps de consolidation distincts. La comparaison des mélaphyres à bronzite de Figeac s'impose avec les enstatites-porphyrites de Klausen (Tyrol méridional) (¹), des Cheviot-

(¹) Teller et V. John, *Jahrb. k. k. geol. R.*, t. XXXII, p. 589; 1882.

Hills ([1]), de Newport (Fifeshire) ([2]) et surtout avec les roches similaires du houiller supérieur de la Nahe ([3]).

GÉOLOGIE. — *Note sur les terrains jurassiques des environs de Tiaret (département d'Oran).* Note de M. **Jules Welsch**, présentée par M. Hébert.

« A la cascade de la Mina, à 10^{km} au sud-sud-ouest de Tiaret, les terrains jurassiques comprennent deux séries distinctes :

» A. Marnes argileuses gris verdâtre sur une épaisseur de 80^{m} environ, avec quelques petites parties colorées en rouge d'une façon irrégulière; elles sont dépourvues de fossiles. Vers les deux tiers de la hauteur, ces marnes argileuses renferment une lentille de calcaire gris compact formé de fragments arrondis agglomérés avec quelques oolithes. On y trouve de nombreux fossiles, rappelant la faune de Commissey (Yonne); entre autres :

Pygaster umbrella Ag.
Holectypus, sp.
Mytilus subpectinatus d'Orb.
Lima corallina d'Orb.
Lima æquilatera Buvig.
Pecten subspinosus Schl.
Terebratula Zieteni de Lor.
Terebratula subsella Leym.
Rhynchonella inconstans d'Orb.
Rhynchonella pinguis Rœm.
Rhynchonella trilobata Munst.

C'est une faune qui répond à peu près au niveau des zones à *Ammonites Achilles* et *A. tenuilobatus*.

» J'ai pu suivre cette formation d'argile grise jusqu'à Saïda, à 120^{km} au sud-sud-ouest de Tiaret, comme M. Pomel l'a du reste indiqué dans ses divers ouvrages sur le nord de l'Afrique, et là, dans une assise inférieure, on trouve les fossiles connus de Saïda, appartenant au callovien (zone des *A. anceps* et *A. coronatus*).

» B. Au-dessus des marnes argileuses grises vient un banc épais de dolomie, atteignant jusqu'à 60^{m} d'épaisseur, dont 44^{m} constituent l'escarpement même de la cascade. Ce banc est surmonté par une succession de

([1]) Petersen. Kiel, 1884.
([2]) Durham et Judd, *Q. J. G. S.*, t. XLII, p. 418; 1886.
([3]) Lossen, *Jahrb. k. preuss. geol. Landesanst.* Berlin, 1884.

couches variées, argiles magnésiennes colorées, alternant avec des grès et des couches dolomitiques. Au-dessus vient le crétacé.

» A la base du grand banc de dolomie, il y a, sur la rive droite de la Mina, à la cascade, quelques parties plus friables, composées de calcaires dolomitiques pulvérulents, renfermant une partie de la faune du corallien de la Rochelle, à la pointe du Ché; ce sont :

Pseudocidaris mammosa (ou *ovifera*) Agass.
Pseudocidaris rupellensis Cott.
Rhynchonella inconstans d'Orb.
Rhynchonella matronensis de Lor.
Terebratula bicanaliculata Zieten.
Terebratula insignis Zieten.

» On peut suivre facilement les deux séries de couches A et B dans toutes les vallées des environs de Tiaret. C'est ainsi qu'on les retrouve à quelques kilomètres au nord-ouest de Tiaret, sur la grande route de Relizane. Mais la partie supérieure de la série B est alors remplacée par des calcaires siliceux plus ou moins compacts et renfermant une faune très voisine encore de celle de la Rochelle, telle que :

Rhabdocidaris Orbignyi Ag.
Cidaris glandifera Gold.
Terebratula Zieteni.
Terebratula insignis Zieten.
Rhynchonella inconstans d'Orb.
Ostrea hastellata.
Ostrea gregaria Sow.
Montlivaultia, sp.

» Ces fossiles sont silicifiés et ressemblent tout à fait aux fossiles du corallien de Nattheim.

» A l'ouest de Tiaret, près de l'ancienne ville de Tagdempt, les couches supérieures de la série B sont remplacées par une alternance de bancs calcaires durs et de bancs marneux plus tendres avec nombreux individus de *Spirocyclina*, *Natica hemispherica*, *Ostrea cypræa*, etc.

» J'ai pu visiter les montagnes du Nador, dans les Hauts-Plateaux, au sud de la plaine du Sersou de Tiaret. Elles sont aussi constituées par ces deux séries de couches. Le ksar de Goudjila, à 70^{km} au sud-est de Tiaret, est bâti sur la grande zone dolomitique de la série B. Dans la vallée de l'oued Soufiguig, la série des couches B est remplacée par une énorme succession de bancs de calcaires dolomitiques tendres dont l'épaisseur atteint plusieurs centaines de mètres.

» En un point spécial, près de Temda, à 25^{km} nord-ouest de Tiaret, les marnes argileuses grises A sont remplacées par des calcaires, dont la base est dépourvue de fossiles. Mais les parties moyennes et supérieures sont formées de *calcaires rouges ammonitifères* présentant absolument le même

aspect que les calcaires rouges concrétionnés étudiés dans les Alpes de Fribourg par M. Ernest Favre. J'y ai trouvé trois faunes successives :

» 1° Faune de l'*A. transversarius* avec fossiles nombreux, tels que :

A. transversarius Quenst.	*A. arolicus* Opp.
A. tortisulcatus d'Orb.	*A. Manfredi* Opp.
A. Henrici d'Orb	*Belemnites hastatus* Blainv.

» 2° Faune de la zone à *A. bimammatus :*

A. canaliculatus Zieten.	*A. tortisulcatus* d'Orb.
A. arolicus Oppel.	*A. mediterraneus* Néum.
A. flexuosus Zieten.	*A. Pralairei.*

» 3° Faune de l'*A. tenuilobatus* Oppel. Exemples :

A. Frotho Oppel.	*A. tortisulcatus* d'Orb.
A. compsus Oppel.	*A. polygyratus* Rein.

» Ces trois zones sont là intimement reliées entre elles; il n'y a aucune différence dans la structure de la roche, il y a seulement distribution différente des fossiles d'après la hauteur de la couche où on les trouve.

» Au-dessus viennent les couches dolomitiques entremêlées de marnes schisteuses bariolées et de bancs de grès qui constituent la série B.

» Les calcaires rouges à *A. transversarius* étaient déjà connus en Algérie, notamment dans l'Ouarsenis, à 100^{km} au nord de Tiaret, et aussi près de Batna. Ils viennent d'être signalés en Tunisie par M. Le Mesle. Mais la faune des zones à *A. bimammatus* et *A. tenuilobatus* n'avait pas encore été reconnue dans le nord de l'Afrique. M. Coquand, dans ses *Études supplémentaires de Paléontologie algérienne* publiées en 1880, a bien indiqué la zone de l'*A. tenuilobatus;* mais, en réalité, les fossiles qu'il cite proviennent des couches à *A. transitorius* et *Terebratula Janitor.*

» Ce gisement, près de Temda, représente actuellement le point le plus éloigné des Alpes dans la direction du sud-ouest où ces couches de type pélagique (ou alpin) aient été signalées (¹). »

(¹) Je dois remercier M. Pomel, directeur de l'École des Sciences d'Alger, qui m'a conseillé l'étude de cette région et m'a indiqué des points fossilifères, et aussi M. Munier-Chalmas qui, avec son obligeance habituelle, a déterminé quelques-uns de mes fossiles, notamment *A. transversarius* et *A. Frotho.*

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie des chaînes subalpines comprises entre Gap et Digne* (¹). Note de M. **E. Haug**, présentée par M. Hébert.

« *Terrain houiller; extension du trias.* — La seule coupe complète du trias qu'on puisse observer dans la région comprise entre Digne et Gap est fournie par la gorge profonde formée par le torrent du Bès, un peu en amont du village de Barles. Elle a été publiée par le regretté Garnier (²), qui a pu établir que le trias présentait ici ses trois divisions normales du grès bigarré, du muschelkalk et du keuper. Au-dessous des grès blancs très siliceux qui constituent le grès bigarré, Garnier avait signalé des schistes argileux et des grès micacés en les assimilant, sans toutefois y avoir rencontré de fossiles et à cause des matières charbonneuses qu'ils renferment, au terrain anthracifère du Briançonnais. Des recherches récentes, faites dans la cluse de Barles en vue de l'exploitation de la houille, n'ont pas donné de résultats pratiques, mais ont amené la découverte de nombreux débris végétaux.

» M. Kilian ayant dirigé mon attention sur ce fait, j'ai visité l'affleurement et y ai recueilli dans les déblais d'assez nombreuses empreintes, parmi lesquelles j'ai pu déterminer les suivantes : *Pecopteris cyathea* (Schloth.) Brgt., *arguta* Sternb., cf. *polymorpha* Brgt., cf. *arborescens* Schloth., *Alethopteris Grandini* Brgt. *Callipteridium mirabile* Rost., « *Cyclopteris* », *Calamites ramosus* Brgt., *Annularia stellata* Schloth., ? *Asterophyllites*, *Cordaites* sp.

» Les couches à anthracite de Barles viennent donc se placer au même niveau que les dépôts houillers de la Mure (Isère) et de la Maurienne, dans le terrain houiller supérieur.

» A part un lambeau de muschelkalk, situé au nord-ouest de Tanaron, à mi-chemin de Digne et de Barles, tous les autres affleurements, depuis Digne jusqu'à la vallée de la Durance, appartiennent au keuper. Partout

---

(¹) Ces Notes sont le résultat de courses faites pendant les mois de septembre et d'octobre 1888 pour le levé de la Carte géologique au $\frac{1}{80000}$ sur les feuilles de Digne et de Gap.

(²) A. Garnier, *Trias, lias et oolithe de Barles* (*Bull. Soc. Géol.*, 2ᵉ série, t. XXIX, p. 617-625).

où se rencontre cet étage, il est constitué par des argiles rouges et jaunes et par des dolomies cloisonnées (cargneules), auxquelles sont associés des dépôts de gypse souvent très puissants.

» Le trias supérieur est très développé aux environs de Digne, il y est partout recouvert par les couches inférieures de l'infra-lias à *Avicula contorta,* ainsi que l'a démontré M. Hébert ([1]) dès 1861. Il forme le noyau d'un pli anticlinal orienté du nord au sud et allant du Cousson au hameau de Tauze, où il est coupé par une faille dirigée de l'est à l'ouest.

» Le bassin miocène de Champtercier est limité à l'est par une bande de couches diverses excessivement morcelées ([2]), qui le séparent d'une bande de trias s'étendant presque sans interruption de Digne à Saint-Estève. Une troisième faille très importante, située dans le prolongement de l'anticlinal de Digne, entre le cours du Bès et le chaînon du Blayeul, est jalonnée sur toute sa longueur par des assises keupériennes, en continuité avec le grand affleurement de Barles.

» En se dirigeant vers le nord-ouest, on ne rencontre plus le trias qu'en deux lambeaux sans importance, l'un en aval de Clamensane, l'autre entre Faucon et le Caire, tous deux dans le canton de la Motte.

» Il est donc loin de présenter l'extension que lui ont donnée encore récemment divers auteurs, qui lui attribuent une grande surface située dans les communes d'Esparron, Bayons, le Caire, Faucon, Turriers, Bellafaire. Ce qui a dû les induire en erreur, c'est le fait que de puissantes masses de gypse ont été signalées dans cette partie du département, notamment par Scipion Gras. Ces masses de gypse existent, en effet, et occupent une assez grande surface, mais elles appartiennent au terrain jurassique et non au trias, ainsi que je le ferai voir dans une prochaine Note.

» Certains points du bel Ouvrage de M. Kilian sur la montagne de Lure ([3]) sont également de nature à faire croire à une extension du trias plus considérable que celle

---

([1]) E. Hébert, *Du terrain jurassique de la Provence; sa division en étages, son indépendance des calcaires dolomitiques associés aux gypses* (*Bull. Soc. Géol.*, 2e série, t. XIX, p. 100-121).

([2]) J'ai rencontré dans cette bande du lias inférieur et moyen, des marnes oxfordiennes, des calcaires à *Ter. janitor* et, à l'est de Thoard, des calcaires blancs bien stratifiés, analogues à ceux du bassin du Verdon et dans lesquels j'ai trouvé un exemplaire d'*Inoceramus labiatus*.

([3]) W. Kilian, *Description géologique de la montagne de Lure*, p. 52-58; 1888.

qu'il présente en réalité, ainsi qu'à un développement assez différent de celui qu'on lui connaissait à Digne et à Barbes. Mais l'étude des localités du Caire et d'Esparron, situées sur la limite extrême de la région de M. Kilian, m'a montré qu'en réalité il s'agissait là de couches qui ne peuvent être rangées dans le trias. Dans le voisinage de ces deux localités, on observe de puissantes assises de grès et d'argilolithes rouges associés à des conglomérats à cailloux de quartz. On est tout d'abord tenté d'en faire du grès bigarré; mais, à Faucon, j'ai vu la série débuter par des grès verdâtres analogues à ceux de la mollasse, et reposer nettement sur un banc de calcaires noirs de 2^m à 3^m d'épaisseur, qui contient *Ostrea gigantea* Brand., des *Pecten* et des Bryozoaires indéterminables, et qui représente incontestablement le nummulitique.

» Ces mêmes grès rouges forment à Tanaron, au nord de Digne, le substratum de la mollasse helvétique à *Cerithium lignitarum* Eichw., et à *Pecten subbenedictus* Font. Leur position stratigraphique entre le nummulitique et la mollasse leur assigne donc un âge voisin de celui du flysch, dont ils constitueraient peut-être un faciès propre aux chaînes subalpines du nord de la Provence. Ils présentent une extension assez considérable et se rencontrent soit dans les plis synclinaux, soit pincés entre les lèvres des failles, en lambeaux qui ont été épargnés par la dénudation. J'ai pu les étudier à Esclangon, où ils butent par faille contre le trias supérieur; au Péouvé, entre Tanaron et Barles, où l'on peut les observer en superposition sur le néocomien inférieur avec fossiles du niveau de Berrias, à Lambert, à Ainac; à Feissal, où l'on voit un lambeau de grès rouges tertiaires occuper le centre d'un petit bassin néocomien; à la cabane de Clapouse près de Barles, où ils reposent sur les calcaires de l'oxfordien supérieur. Ce dernier affleurement permet de relier ceux des environs de Tanaron et de Feissal au grand affleurement d'Esparron, où nos grès présentent un développement énorme et donnent, aux collines qui bordent le vallon d'Esparron, le caractère d'un paysage vosgien. Il est probable que dans le haut du vallon ces grès reposent sur les dolomies cloisonnées du trias, ce qui explique l'interprétation qu'en a donnée M. Kilian. Plus au nord, en amont et en aval de Faucon, les grès tertiaires se présentent avec les mêmes caractères pétrographiques; ils ressemblent ici, plus que partout ailleurs, à certaines couches du grès bigarré des Vosges; de plus, comme ils butent par faille contre les dolomies triasiques et contre les calcaires du lias inférieur, on est doublement tenté de les réunir au trias. Mais, comme au Caire ils reposent sur les schistes oxfordiens, et qu'à Faucon ils sont séparés de ces mêmes schistes par un banc de calcaire nummulitique, il ne peut subsister aucun doute sur leur âge.

» On observe encore les mêmes grès jalonnant une faille dirigée du sud-est au nord-ouest au nord du Caire, dans le vallon de la Combe, près du hameau du Laux et jusque dans la vallée de la Durance, au château du Roussel, vis-à-vis de la Saulce.

» Il résulte de ce qui précède que, dans le nord-ouest des Basses-Alpes, le trias supérieur se présente partout avec les mêmes caractères qu'aux environs de Digne, c'est-à-dire dans le faciès des argiles bigarrées avec gypse et cargneules qui lui est propre dans toute la zone des chaînes subalpines, depuis les Alpes vaudoises jusqu'en Provence. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Classification thermique des lacs d'eau douce.* Note de M. **F.-A. Forel.**

« L'étude de la température des couches profondes des lacs a été grandement facilitée, dans les dix dernières années, par les thermomètres de Miller-Casella et de Negretti et Zambra. Les recherches modernes nous ont appris l'insuffisance de la théorie classique, qui attribuait au fond des lacs d'eau douce une température constante et uniforme de 4° C., température du maximum de densité de l'eau pure. Pour exprimer les faits nouveaux constatés, il est convenable de tenter une classification des lacs, considérés au point de vue de leur température.

» Je me baserai sur deux principes d'ordres différents :

» *Premier principe.* — La stratification thermique diffère essentiellement, suivant que l'on a affaire à de l'eau plus chaude ou à de l'eau plus froide que le maximum de densité. Au-dessus de 4°, les couches plus chaudes sont les plus légères, selon la loi générale des liquides, et la stratification peut être appelée *directe;* au-dessous de 4°, les couches plus froides sont les moins denses et montent à la surface, et la stratification doit être dite *inverse.*

» Cela étant, si le climat est assez chaud pour que la température des couches supérieures du lac ne descende jamais au-dessous de 4°, la stratification thermique de ce lac sera toujours directe. Nous caractériserons un tel lac, en disant qu'il est du *type tropical.*

» Si le climat est moins chaud, et si, après un été où le lac s'est réchauffé, dans ses couches de surface, au-dessus de 4°, il se refroidit en hiver au-dessous de 4°, la stratification alternera entre la forme directe et la forme inverse. Ce sera le *type des lacs tempérés.*

» Si le climat est très froid, et si, même pendant l'été, la surface du lac ne s'élève pas au-dessus de 4°, la stratification sera constamment inverse, et nous aurons un lac de *type polaire.*

» *Second principe.* — Nous avons appris que les variations annuelles de la température sont confinées dans les couches supérieures des eaux et ne descendent guère au-dessous de 100^{m} ou 150^{m} de profondeur. Dans les couches plus profondes, les eaux sont encore soumises à des variations thermiques très faibles, de périodicité longue et irrégulière, que nous appe-

lons les variations *lustrales;* mais elles échappent à la variation annuelle.

» Donc si le lac est de grande profondeur, ses eaux inférieures seront de température presque invariable et ne subiront que les variations lustrales.

» Si le lac est de faible profondeur, ses eaux inférieures seront soumises à la variation annuelle, d'amplitude d'autant plus forte que la profondeur sera moindre. Quant à la variation lustrale, elle disparaîtra presque devant l'importance beaucoup plus grande de la périodicité annuelle.

» En combinant ces deux principes, j'obtiens six classes de lacs, à savoir :

» Premier type : lacs tropicaux. — Stratification thermique directe.

» *Première classe : lacs de grande profondeur.* — Eaux inférieures de température invariable, au-dessus de 4°. Exemple : lac Léman.

» *Deuxième classe : lacs de faible profondeur.* — Eaux inférieures de température variable, au-dessus de 4°.

» Deuxième type : lacs tempérés. — Stratification thermique alternante.

» *Première classe : lacs de grande profondeur.* — Eaux inférieures invariables, à 4°. Exemple : lac de Constance.

» *Deuxième classe : lacs de faible profondeur.* — Eaux inférieures variables, au-dessus et au-dessous de 4°. Exemple : lac de Morat.

» Troisième type : lacs polaires. — Stratification thermique inverse.

» *Première classe : lacs de grande profondeur.* — Eaux inférieures invariables, au-dessous de 4°.

» *Deuxième classe : lacs de faible profondeur.* — Eaux inférieures variables, au-dessous de 4°.

» Chaque lac est exposé à des conditions climatériques spéciales, en raison de son altitude, de sa latitude et de sa position géographique; chaque lac a des conditions spéciales de profondeur et de volume des eaux; il en résulte que chaque lac possède, au point de vue thermique, des allures particulières et des valeurs qui lui sont propres.

» La définition thermique d'un lac, dans l'intérieur de l'une ou l'autre des six classes, comprend :

» 1° Pour la couche supérieure de l'eau : amplitude et valeurs extrêmes de la variation annuelle.

» 2° Pour les couches inférieures, chez les lacs de faible profondeur : amplitude et valeurs extrêmes de la variation annuelle; chez les lacs de grande profondeur : *a*, valeur moyenne de la température; *b*, amplitude et valeurs extrêmes de la variation lustrale.

» Je donnerai, comme exemple, la définition thermique du lac Léman :

Lac de type tropical, classe des lacs de grande profondeur.	
Température des eaux supérieures	5° à 23°
Amplitude de la variation annuelle........	18°
Température moyenne des eaux inférieures	5°
Extrêmes connus de variation lustrale des eaux inféreures ..	4°,4 à 5°,5
Amplitude de cette variation lustrale.....................	1°,1

M. E. Grand adresse un travail intitulé « Proposition relative à l'existence d'un fluide gazeux universel ».

M. L. Hugo adresse une Note « Sur un passage de Fortia d'Urban, relatif à Archimède ».

La séance est levée à 4 heures un quart. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 4 mars 1889.

(*Suite.*)

La procédure en Éthiopie; par Antoine d'Abbadie. Paris, Larose et Forcel, 1888; br. in-8°.

Les voltamètres-régulateurs; par Émile Reynier. Paris, Baudry et Cie, 1889; br. in-8°.

Mémoires et observations d'ophtalmologie pratique; par le Dr H. Armaignac. Bordeaux, A. Bellier et Cie, 1889; 1 vol. gr. in-8°. (Deux exemplaires.)

Traité élémentaire de Physiologie humaine; par F. Viault et F. Jolyet. Paris, Octave Doin, 1889; 1 vol. gr. in-8°. (Renvoi au concours Montyon, Médecine et Chirurgie.)

Nouvelle étiologie des épidémies de choléra; par le Dr Ch. Pigeon (de la Nièvre). Fourchambault, 1889; br. in-8°.

Revista do Observatorio. — Publicacão mensal do imperial Observatorio do Rio de Janeiro. Anno IV, Janeiro de 1889; numero 1. Rio de Janeiro, Lombaerts et Cie, 1889. (Présenté par M. le baron de Teffé.)

Bulletin mensuel de l'observatoire magnétique et météorologique de Zi-Ka-Wei près Chang-Hai (Chine). Tome XIII, année 1887. Zi-Ka-Wei, typographie de la Mission catholique, 1888; 1 vol. gr. in-4°.

Popular lectures and addresses; by Sir WILLIAM THOMSON. Vol. I : *Constitution of matter*. London, Macmillan and Co, 1889; 1 vol. in-16.

JOSEPH VON FRAUNHOFER'S *gesammelte Schriften, im Auftrage der mathematisch-physikalischen Classe der königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften*, herausgegeben von E. LOMMEL. München, 1888; 1 vol. in-4°.

Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. — Mathematisch naturwissenschaftliche Classe. Vier- und fünfzigster Band. Wien, 1888; 1 vol. gr. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 11 mars 1889.)

Note de M. *Th. Schlœsing* fils, sur la combustion lente de certaines matières organiques :

Page 529, ligne 15 en remontant, *au lieu de* 75°,5, *lisez* 72°,5.

Note de M. *H. Cornillon*, sur les variations dans les nombres des taches solaires :

Page 541, ligne 8, *au lieu de* 1886, *lisez* 1880.